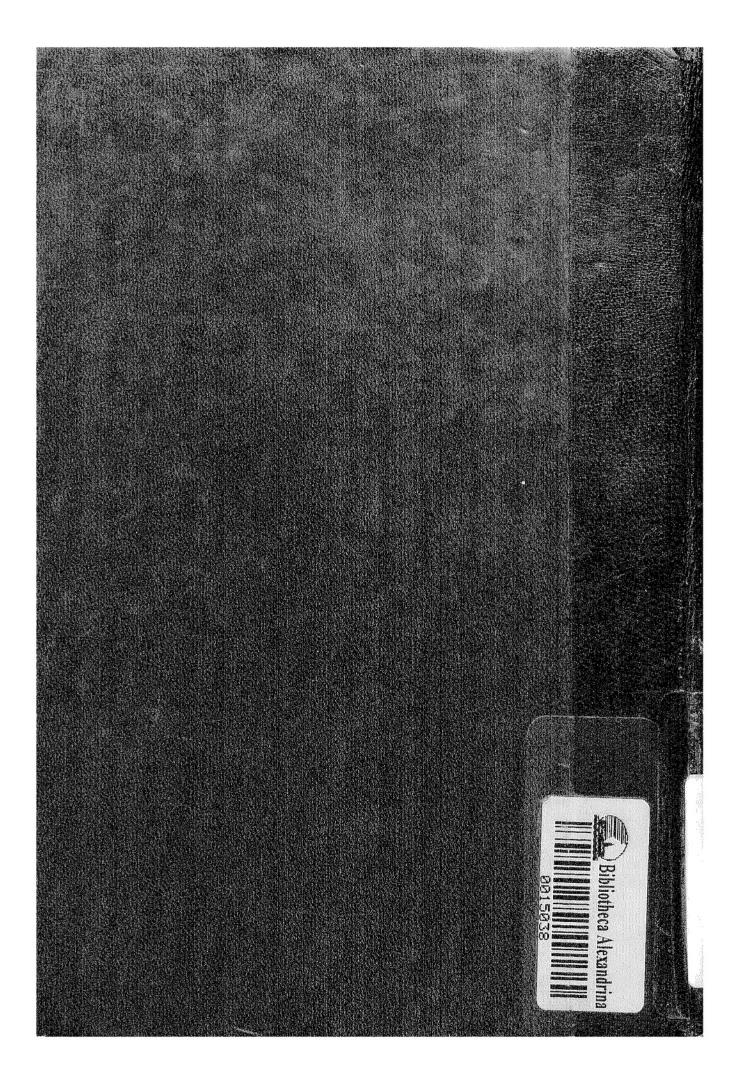
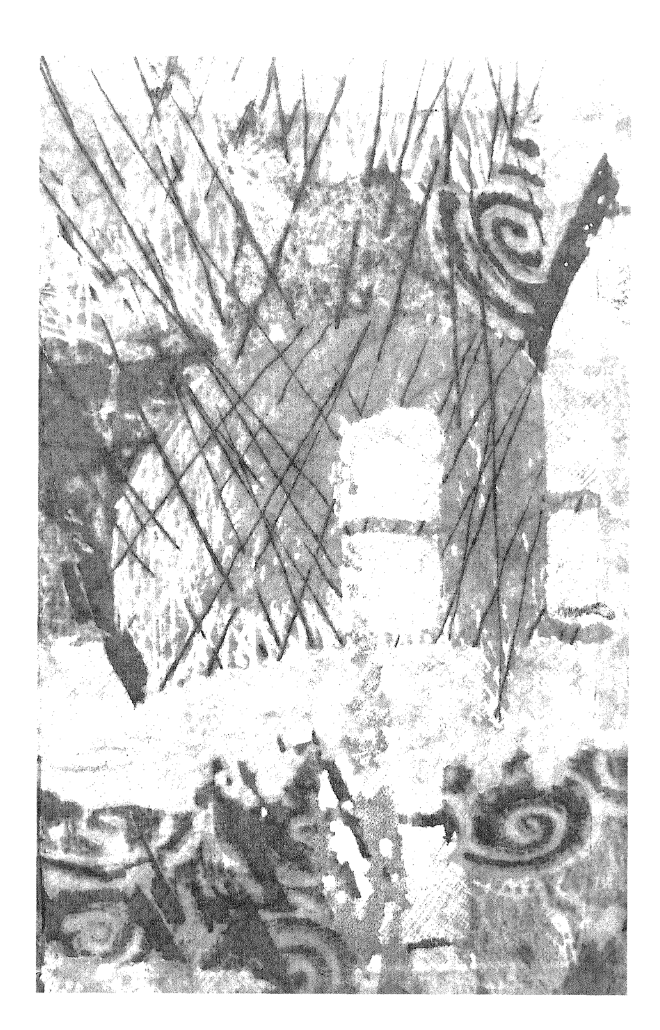

Bibliotheca Alexandrina
0015038





هرم الجيزة الاكبر

مقاصده وعملياته البنائية

فن وعـــلم وقصص

مزين بالرســـوم

تأليف

المهندس الانجليزي د . دافدسون

نقله الى العربية

احمد فهمي ابو الخير

ليسانسيه فى العـلوم

مطبعة الاعتماد بشارع حسن الاكبر بمصر

١٣٤٩ — ١٩٣٠

بسم الله الرحمن الرحيم

كلمة المترجم

أقدم لقراء العربية عامة ، والمهندسين منهم خاصة ، تحفة جمعت بين الفن والعلم والقصص ، ألفها المهندس الانجليزى دافدسون ، عضو معهد مهندسى البنايات ، وقدمها للمعهد على شكل رسالتين تلاهما على رجاله فحازتا الاعجاب وكانتا مثلا ناطقاً ودليلا شاهداً على عبقرية واضعها ، من حيث الوقوف على أصول الفن الهندسى ، ومن حيث ربط الفن بالتاريخ ، واستقراء الحوادث من الآثار ، والجمع بين رأى المؤرخ الراوية والمهندس البناء . كل هذا فى سلاسة وبساطة وتسلسل منطقى .

ولقد أبان المهندس دافدسون ، بشكل فذ ، الغرض من بناء الهرم ، وعلاقته بتعيين أوقات البذر والحصد ، وتحديد الأرض المزرعة فى الدلتا ، وذلك باستخدام انعكاسات الضوء الساقط على أوجهه وما يستتبع سقوط الضوء من تكوين الظلال ثم بين طرائق قدماء المصريين فى نقل الأثقال وجرها وحملها الى أعالى البنايات ، بشكل مشوق صحيح استند فيه على أصول الفن من جهة ، وعلى النقوش من جهة أخرى ، وعلى ما ذكره المؤرخون والمنقبون فى الآثار من عصر المؤرخ هيرودوت الى أيامنا الحاضرة .

حقيقة ان الاهرام ، وعلى الأخص هرم الجيزة الأكبر ، من عجائب العالم المأثورة . ولكن كل قارىء لهذا الكتاب سيخرج منه بأن البناء ليس أعجوبة

فحسب بل ان طريقة انشائه أعجوبة الأعاجيب . والكتاب على ما فيه من بحوث فنية وهندسية سهل مستساغ لكل قارئ تقريباً . ولئن كان المهندس يجد فيه طلبته ، فالمؤرخ أيضا يجد فيه بحثاً تاريخياً شيقاً عن عصر الاهرام ، أرجعت فيه الحوادث الى أصولها ، وصححت فيه الأغلاط الزمنية الخاصة بالملوك بناة الاهرام .

وكان من حسن حظى ان وكلت الىّ مجلة الهندسة ترجمة هذا المؤلف الى العربية ، فمكنتنى من الاطلاع على هذه التحفة النفيسة . وانى انتهز الفرصة فاستحث حضرات مواطنينا المهندسين على النهوض بالفن المصرى القديم ، فهم فى هذا الصدد أولى من الأجانب . سدد الله لنا الخطى ، وأرشدنا الى سبل الاصلاح والتجديد .

القاهرة فى أغسطس سنة ١٩٣٠ احمد فهمى أبو الخير

الرسالة الاولى

المقاصد البنائية فى الهرم الاكبر

كان غرضى حينما وضعت عنوان رسالتى أن أقصر بحثى على تصميم الهرم الاكبر و بنائه من وجهة المهندس واضع التصميم ومن وجهة المقاول المشيد للبناء. ولكنى حينما بدأت فى وضع مسودة رسالتى وجدت أن بعض قواعد التصميم ودرجة الكمال العظيمة التى يحصل عليها عادة عند تطبيق هذه القواعد، تستلزم معالجة فنية أوفى. على أن رسالتى، مع هذا، ستكون مشوقة للغاية دون هذه المعالجة الوافية الواسعة. انها قد تقصر دون تأييد قواعد التصميم المشار اليها التأييد المرجو المقصود. لهذا أؤكد أن كل تعسف أو خروج ظاهرى فى رسالتى كما قدمتها انما يرجع الى منحى من مناحى البحث لازم لدعم قواعد التصميم فى الهرم الاكبر وتأييدها. ولئن كان لى أن أضع عنواناً جديداً لرسالتى لما اخترت الا العنوان التالى وهو « بيان تقدم الهندسة البنائية فى الشرق القديم مع اشارة خاصة للبنايات فى عصر الاهرام، ولما أنجزه هذا العصر من العمل العظيم فى وضع تصميم الهرم الاكبر وفى بنائه. »

ولقد تعمدت أن أضمن رسالتى مناقشة تنظيم العمل الذى قام به بناة الهرم وطرائقهم فى قطع الأحجار وتسويتها ورفعها ونقلها. بل تعمدت ذكر شتى النظريات الخاصة بكيفية رفع الكتل الحجرية فى الهرم، وبيان الطريقة الأكثر احتمالا التى اتبعت فى هذا الصدد. وقد تكرم علىّ الأستاذ جون جودمان بأن أعارنى بعضاً من ألواح صوره الأكثر اهمية و بعضاً من جهازه الخاص بتمثيل هذا القسم من الأعمال. ولكن مما يؤسف له ان الايضاح الكامل

لكل وجوه التصميم البنائية قد جعل من المستحيل عليّ المضى فى شرح هذه التفصيلات كلها فى هذه الفرصة . ولعلى فى فرصة أخرى أستطيع ، اذا وجدت من أعضاء المعهد الاهتمام الكافى ، أن أضع رسالة خاصة فى العمليات الحالية . وانى عازم على تخصيص الوقت الممكن بعد انتهاء هذه الجلسة لأولئك الذين يرغبون الاستفسار عن بعض نقط البناء.

ان الغرض الرئيسى من رسالتى أن أثبت أن الهرم الأكبر قد وضع تصميمه وتم بناؤه لكى يظل قائماً الدهر كله . فاذا كان القصد من انشائه هو ذلك حقيقة ، ثم تم هذا القصد وأنجز، فان الهرم الأكبر يكون بلا نزاع مسألة بنائية تستحق من المعهد دراسة خاصة .

حقيقة ان البناء قاوم تقلبات الزمن - من تغيرات عظيمة يومية فى درجة الحرارة ، وتعرية ناشئة من رياح مصر الكثيرة المحملة بالرمال ، ومن ركوز كتلته الهائلة ذلك الركوز المعروف ، والهبوط المتباين فى طبقات أساسه المكونة من الحجر الجيرى الطبيعى ، وهزات الزلازل الدورية العمودية على موقعه — حوالى أربعة آلاف سنة الى أن نزع العرب غطاءه الحجرى بعد الفتح الاسلامى خلال القرنين التاسع والعاشر الميلاديين . ومن ثم ظل كما تركه العرب منذ ألف سنة . ولكم صادف خلال ذلك الوقت من صدمات الزلازل وهزاتها وما يستتبع ذلك من تأثير حركة الهبوط فى البناء .

وكما قلت ان غرضى أن أدرس الموضوع من وجهة تصميم مهندس البنايات ، ومن وجهة بناء المقاول . وهذا بالضرورة يؤدى بنا الى وجوب مراعاة العنصر الانسانى لعصر خاص متعلق بطور ممتاز من أطوار تقدم العالم ، وهذا العصر ذو مصطلح عقلى خاص وفن قاصر عليه . وهو بناء على ذلك يستلزم قليلا من التدرج والاستطراد فى الظروف التاريخية التى منها انبثق عصر الاهرام فى مصر .

ولكى أبين الحاجة لمثل هذا الاستطراد التاريخى كما قلت — و بعبارة أخرى

لكى أبرره — أرى أن استصدر هذا الاستطراد بوصف موجز للاوجه العلمية الجوهرية الخارجية لبناء الهرم الاكبر .

هذا الهرم هو أكبر الأهرام الثلاثة الضخمة التى جعلت — باشتراكها مع أبى الهول — لهضبة الجيزة شهرة عالمية لبضعة آلاف من السنين . ولا زال هذا الهرم عجيبة البنايات البارزة فى العالم . وهو كما قال سير فلندرز بترى Sir Flinders Petrie « أكبر كتلة تجمعت ، وهى مع ذلك أدق الكتل كلها بناء . »

وتبلغ مساحة قاعدته المربعة ١٣ فدانا انجليزيا ، ويبلغ طول ضلع هذه القاعدة ٧٥٥ قدما و ½٩ من البوصات . وتدل المظاهر البنائية الحالية على أن البناء قد عين وجهه الشرقى بمراعاة الشمال الفلكى الحقيقى ، وأن قاعدة الرصف وجميع سطوح الفرش لكل المداميك البنائية المختلفة قد وضعت بوجه عام فى منسوبها الحقيقى عند الانتقال من كتلة لأخرى فى أى مدماك . وحتى بعد ماحدث خلال ما يقرب من خمسة آلاف سنة من تجعد القشرة الأرضية ، وهزات الزلازل، ومن التحريف بسبب الهبوط ، لم تنحرف القاعدة المربعة عن موضعها الأصلى الا بمقدار ٦" ٣' ٠° . وأما قطرا القاعدة المتعامدان فقد انحرفا عن موضعيهما بمقدار ١٨" ٠' ٠° . وأما التغير من حيث المنسوب الحقيقى حول القاعدة فهو فقط ¼٢ من البوصات أعلى أو أسفل المنسوب المتوسط للقاعدة ، وهو الذى على ارتفاع قدره ٢٢ر١٩٨ من الأقدام فوق متوسط منسوب سطح البحر فى الاسكندرية فى الوقت الحالى . وتلك حقائق مضبوطة حققتها مصلحة المساحة المصرية سنة ١٩٢٥ . وهذه الحقائق فى الجملة تؤيد الارصاد المساحية التى قام بها سير فلندرز بترى قبل ذلك بار بع وأر بعين سنة . وتعلو قاعدة الهرم بنحو ١٠٠٠ قدم عن السهل الرملى المجاور لها الكائن بين صخور هضبة الجيزة والأرض المزروعة من وادى النيل .

وتدل المنحدرات الحالية للصخور المغلفة للقاعدة والتى لاتزال على حالتها الأولى على أن الارتفاع الأصلى للهرم ، أى البعد ما بين القاعدة والرأس، يساوى ٤٨١ قدما

و بوصتين . وجميع المداميك ، ما عدا مدماك القاعدة ، عارية بتاتا عن الصخور المغلفة. و يبلغ الارتفاع الحالى لأعلى مدماك بنائى فى الجوف ٤٥٤ قدما و ٤ بوصات.

يقول سير فلندرز بترى «ان الوازع الفنى . . . هو حب الفكرة الهندسية . فالخواص الهندسية التى يجمعها الشكل المختار للهرم لا يمكن أن تكون وليدة الصدفة العارضة ، وهى تدل على تقدير عظيم ودراسة وافية لعلم الهندسة . فنسبة الارتفاع الى محيط القاعدة كنسبة نصف قطر الدائرة الى محيطها (الزاويه تساوى ١٤ً ٥١َ ٥١°) . . . واذن فمن المحقق أن مسألة نصف القطر والمحيط كانت الفكرة الأساسية . . . . . وتدل شتى المطابقات للمساحات والسطوح فى جهات أخرى من الهرم على مثل هذه الآراء . . » واذ بين هذا الحجة رأيه على هذا النمط فلا يمكن أن يؤدى اللصوق برأيه الى جدل ونقاش .

وثلاثة من الأوجه الأربعة الحالية — كما هو ظاهر من أرصاد بترى الدقيقة — لا تختلف زوايا ميلها بشىء محسوس عن زاوية الانحدار البالغة ٢٤ً ١َ ٥١° ٥ وذلك للتقيد بصلة النسبة التقريبية ط . أما الوجه الرابع فزاوية انحداره أكبر قليلا . فهى تبلغ ٢٤ً ٢َ ٥٢° . وترجع هذه الزيادة الى التأثيرات الثانوية لهزة زلزلية كما سأفسره فيما بعد .

واذ علمت هذه الخاصية الاضافية لنسب الهرم كما وصفتُها لك ، فانه يتضح أن هذه النسب انما اختيرت عن علم ومعرفة . فاذا أخذنا مقطعا رأسيا قائما للهرم وجدنا أن ضلع القاعدة ليس مساويا فقط لطول قوس ربع محيط الدائرة التى نصف قطرها يساوى ارتفاع الهرم ، بل ان مساحة مقطع الهرم تساوى مساحة ربع الدائرة. وتلك بطبيعة الحال خاصية نتجت من النسب المختارة . وهى خاصية ليست معروفة جد المعرفة فى أيامنا الحاضرة ، بسيطة حين تُعيَّن كما يبدو من صلاتها وعلاقاتها . أما أن البعدين ، وهما ضلع القاعدة والارتفاع ، قد اختيرا اعتباطا للهرم ، وأنهما فى الوقت ذاته يكشفان عرضا العلاقتين الهندسيتين الشهيرتين المذكورتين ، فيكاد

يكون مستحيلا . واذن لا يكون أمامنا الا أن نستنتج أن الهرم الاكبر قد بنى قصدا لتخليد هندسة الدائرة .

تدل هذه النقط وغيرها بخصوص الهرم الاكبر على أن بناته اذ ذاك كانوا يعرفون العلوم الرياضية العالية . ولا توجد مع ذلك كتب مصرية قديمة فى العلوم الرياضية ، بل ليست هناك بينة تدل على أن كتابا من هذا النوع قد وجد فى مصر . حقيقة أن بردية ريند Rhind الرياضية هى مجموعة قواعد تقريبية للعد والحساب ، لأنه كما قال بترى « يجب علينا دائما أن نذكر أن بردية ريند ليست دراسة صريحة للنظريات بل كانت مجرد كتيب لتدريب الكتبة عمليا على عمل الحسابات . » ولقد بيّن حديثا الأستاذ ت . إريك بيت T. Eric Peet. أن بعض القواعد المذكورة فى تلك البردية خاص بحل معادلات الدرجتين الأولى والثانية ، وأيضا بحل المتوالية العددية ، ولكن بطريق التجربة البسيطة . على أنه بعد ذلك ادعى عالم روسى أنه أثبت، من قواعد أخرى ، وجود معرفة سابقة بعلوم رياضية أكثر تقدما واعتياصا .

ومهما كان أمر ذلك فقد سبق أن أشرت الى أن النظام المترولوجى ، أى المتعلق بالموازين والمكاييل ، عند قدماء المصريين قد نشأ من مصدر خارجى عن مصر . ولقد ثبت أن ذلك النظام قد وجد بقصد تمكين الأمم الفطرية نسبيا كقدماء المصريين ، من أن يقوموا بالأعمال الفنية الراقية تحت اشراف وارشاد نفر من مهرة المراقبين الأجانب . وكان هذا النظام المترولوجى الأساس الأولى الذى بسببه استحالت عناصر العمل فى مضبوط علم المنشآت والبنايات المرتبة الى قواعد عملية بسيطة ، بطريقة تشبه كثيرا الطريقة التى اتبعتها كتب الهندسة الحربية الخاصة بساحة الحرب ، فاستحالت قواعد العمل الهندسى الحديثة المعقدة الى تلك القاعدة البسيطة قاعدة التوضيح بابهام اليد .

واذا ما فحصنا البينات المقدمة من جميع المصادر استطعنا أن نصل الى نتيجة

واحدة محتملة . وهى أن المعلومات الرياضية، والفنية أيضا اللازمة للبنايات الضخمة فى عصر الأهرام لم تكن من بنات أفكار المصريين ، بل كانت لبضعة أجانب أقاموا فى مصر فى ذلك العهد ، وهؤلاء الأجانب صاغوا من هذه المعلومات قاعدة بسيطة فهمها المصريون وانتفعوا بها ، وكان القصد منها تعليم المصريين وتدريبهم على انجاز بنايات هذا العصر الهائلة الدقيقة . يقول بترى « ان المرانة والمهارة اللتين تنسبان الى المصريين عن طريق انجاز مثل هذا البناء كانتا كسبا عظيما لسمعتهم الوطنية . » وفى موضع آخر من كلام بترى ، ذلك الحجة الكبير ، مايؤيد تأييدا منطقيا ماذهبت اليه من أن فكرة هذا البناء والدقة التى بذلت فى انجازه لم تكونا إلا لبضعة نفر أجانب استوطنوا مصر . فهو يقول « ان الصناعة الفائقة الفاخرة التى كثيرا ما وجدت فى مخلفات ذلك العهد القديم لم تكن منوطة بمدرسة كبيرة أو كفاءة عامة شائعة بين الناس مثل ما هى منوطة ببضعة رجال بزوا رفاقهم. » ثم قال بعد أن أشار الى الدقة الفائقة لبعض الأعمال فى الهرم الاكبر والى ما بعدها من الاعمال التى لا تقل عنها دقة « ان الدقة الفائقة كانت قاصرة على عبقرية شخص واحد . »

أما مستوى الصنعة الذى يدل عليه مدخل الممر والحجارة المغلفة فى الهرم الاكبر فهو مستوى راق عجيب . ويقول بترى بصدد هذا الجزء من البناء «ان انبساط الوصلات وتربيعها فريدان فى بابيهما ، وما أشبههما بعمل صانع المناظير البصرية فى أيامنا هذه ، وانما على نمط من المادة أوسع يقاس بالافدنة لا بالاقدام أو الياردات . » وكلام بترى هذا خال من كل معانى المبالغة ، فان كل الفرش والوصلات موضوعة ومصنوعة بدقة حتى أنه فى أيامنا هذه لا يمكن ادخال ورقة رفيعة بين الحجارة التى ظلت الى يومنا سليمة رابضة فى مكانها . ومع ذلك فان شريطا رفيعا من السمنت موجود بين جميع الفرش والوصلات . ويوجد من الوصلات الرأسية ما مساحته نحو ٣٣ فدانا انجليزيا ، ومن الفرش نحو ٤٨ فدانا

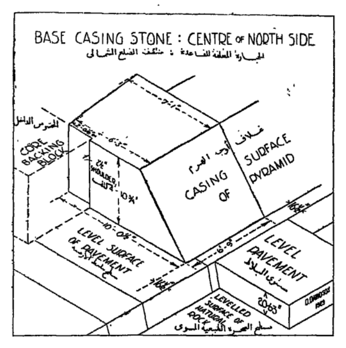
انجليزيا ، يفصلها بعضها عن بعض طبقات من السمنت فى سمك ورقة النشاف .

وأما الحجارة المغطية لقاعدة الهرم فتختلف فى الوزن من ١٢ الى ٢٠ طنا ، ولا يوجد فى البنـاء كله حجر يقل وزنه عن طن واحدة . ولكن متوسط ثقل الحجر الواحد يقرب من طنين ونصف طن . وأما الشقوق التى حدثت من تنظيم الحجارة وترتيبها فانها كانت توسع ، ثم يعاد ملء التجاويف بقطع ملائمة من حجر الجير وتثبت هذه القطع بسمنت يكاد يكون غير منظور .

وهنا يقول بترى « ان مهارة المصريين فى وضع سمنت الوصلات من الصعب ادراكها . فان طريقة وضع السمنت فى الوصلات الرأسية فى الهرم التى تبلغ مساحة كل منها ٥ × ٧ من الاقدام والتى يبلغ سمكها جزء من خمسين جزءاً من البوصة لا تزال لغزاً . ومما يزيد فى اعتياص هذا اللغز أن الوصلة لا يمكن ترقيقها بالدلك نظراً لكونها وصلة رأسية ، ولأن الكتلة الحجرية تزن ١٦ طناً . ومع ذلك فقد كان هذا النمط من العمل هو الذى اتبع فيما تقرب مساحته من ١٣ فداناً انجليزياً بما فيهـا من عشرات ألوف الكتل الحجرية المغلفة التى لا يقل وزن الواحدة منها عن طن .» وأنا أقدر عدد هذه الحجارة المغلفة بنحو ١٤٠٠٠٠

على أن تعرية ذلك الحجر المغلف الذى ذكره بترى قد كشفت عن وصلة { تجد فى شكل (١) مسقطها المتساوى القياس Isometric projection } رأسية مساحتها ٥ × ٨ ½ من الاقدام ، وتدل على وزن يبلغ ١٩ طناً تقريبا . وقد أشـار الكولونيل هوارد فايس Howard Vyse الى قطعـة زاوية مكسورة من حجر مغلف من منذ ٩٠ سنة لاصقة بالركن الاسفل القريب حيث يقول « كانت قوة لصوق السمنت الذى استعمل للصق الحجارة المغلفة بعضها ببعض شديدة بحيث ان قطعة من حجر مهشم بقيت ثابتة فى خطها الأصلى ، على الرغم من مر الزمن وما تعرضت له من عبث الطوارئ » .

ومن ثم فان ما يقول عنه كل من بترى وفايس بأنه سمنت قد عرف تعريفاً



شكل (١) مسقط ايسومترى (متساوى القياس) لقطعة الحجر الكبيرة الغلافية الموجودة فى منتصف الضلع الشمالى للقاعدة . وهذه القطعة تزن ١٩ طنا

أكثر ضبطا ودقة . وتطبيقا لذلك يقول بترى فى كتابه « فنون قدماء المصريين وصناعاتهم » ما يأتى : — « استعمل الملاط باستمرار فى بناء الاهرام كفرش لملء الوصلات وتسوية الثقوب الموجودة فى الاوجه . وهذا الملاط المستعمل خليط من الحجر العادى والجبس (عجينة باريس) وكربونات الجير وكبريتاته . أما كيف كانوا يضعون هذا الملاط فى وصلات غلاف الهرم فلايزال لغزا مجهولا . وكذلك ملئت الوصلات البنائية بين المار والمخادع بالملاط ، مع اقتراب هذه الوصلات ، بحيث يكاد الملاط لايرى . أما فى قلب البناء وفى الثقوب فقد صب ملاط خشن من الحجارة . »

وقد دلت التعرية الحديثة لبلاط القاعدة على أن دقة السطح فى الفرش والوصلات قد لوحظت أيضا فى السطوح المغلفة الخارجية ، وهى كما يقول بترى « معادلة لدقة صانع المناظير البصرية فى أيامنا الحاضرة . » وقد كتب مستر مرتن

إدجار Morton Edgar عن الهرم في صيف سنة ١٩٠٩ عندما عريت الحجارة المغلفة يقول « حينما وقفت في النهاية الشرقية لخط الحجارة المغلفة ونظرت الى الأوجه العليا والأمامية للصف الأسفل الطويل المتدأمامي مسافة ٨٦ قدما ، وأجلت النظر في الجهات الأربعة لهذه الأوجه أدهشني ذلك الاستواء العجيب والمظهر الأملس الصقيل في كل من هذه الأوجه ، وأعجبت بتلك المهارة الفائقة التي تحلى بها بناة الهرم الأقدمون . ولا أغالي ان قلت ان السطح العلوي من حيث الاعتدال والانتظام والتسوية كأنما هو سطح منضدة البلياردو . »

فكانت هذه الاشارة الخاصة بالملاسة والصقل ، مضافاً اليها الموازنة التي أجراها بتري الخاصة « بعمل صانع المناظير البصرية الحديث » السبب الذي أدى بي الى تكوين رأيي القائل بأن السطوح الخارجية للهرم الأكبر قد صممت بحيث تكون سطوحا عاكسة . والظاهر أن هذا الرأي قد أيده الدكتور هنريك بروجسك Dr. Heinrich Brugsch بترجمته الاسم الذي كان يطلقه قدماء المصريين على الهرم الاكبر وهو « خوتي Khuti » بكلمة « الأضواء . »

على أن نظرية انعكاسات الهرم هذه قد تأيدت أيضا عند ما طبق الاختبار الفلكي مباشرة . وقد أثبت هذا أن انعكاس الضوء ظهراً ناحية الجنوب من الوجه الجنوبي للهرم الاكبر يكون مرتفعا فوق الأفق خلال المدد الفلكية للخريف والشتاء والربيع ، ومنخفضا تحت الأفق خلال الصيف . أما في ظهر اليوم الذي يبدأ فيه الصيف أو اليوم الذي ينتهي فيه فان الانعكاس يكون أفقيا .

ودل البحث أيضا على أن الانعكاسات الحادثة عند الظهر من الوجهين الشرقي والغربي تمتد كأنما هما جناحان مدببان ، والنهاية المدببة لكل جناح تقع على الأرض جنوبي الشمال الشرقي قليلا والشمال الغربي على التوالي خلال الشتاء ، وشمالي الشمال الشرقي قليلا والشمال الغربي خلال الربيع والصيف والخريف. وتعطينا هذه الانعكاسات عند جوانبها ، اذا رؤيت من ناحية الشمال ، سطح انعكاس

رأسى تماما فى اليوم الأول من نوفمبر واليوم الحادى عشر من فبراير ، وهذا السطح الرأسى فضلا عن ذلك يقع على امتدادى قطرى قاعدة الهرم ، أى ناحيتى الشمال الشرقى والشمال الغربى على التوالى للانعكاسين الشرقى والغربى . والتاريخان المذكوران هما تاريخ بدء السنة المصرية الزراعية التى تبدأ بموسم البذر ، وتاريخ الحصاد المبكر عند قدماء المصريين . وقد أوضح سير ج . فريزر Sir J. Fraser فى كتابه « الغصن الذهبى Golden Bough » وفى مؤلفاته الأخرى أن العيد الزراعى للبذر ، وهو الذى يقع فى أول نوفمبر ، هو أقدم عيد دينى فى العالم . وما الأعياد الحديثة لجميع القديسين والشهداء التى نقيمها فى اليومين الاول والثانى من نوفمبر الا احياء لذلك العيد الزراعى القديم عيد بذر البذور .

وللهرم ظاهرة أخرى هى ظله عند الظهر . فللوجه الشمالى ظل يظهر عند الظهر خلال الفترة من ١٤ اكتوبر (حيث يبدأ البذر المبكر) الى ٢٨ فبراير (حيث يبدأ موسم الحصاد .) ولن يظهر ظل عند الظهر فى المدة من ٢٨ فبراير الى ١٤ اكتوبر . ومن ثم يتضح أن ظاهرة الانعكاس ظهرا للهرم الاكبر وظاهرة الظل الظهرى لم يعينا الفصول السنوية فحسب بل عينا أيضا بالضبط مواعيد السنة المصرية الزراعية ، من حيث البذر المبكر والحصاد المبكر ، وأيضا من حيث البدء فى عمليتى البذر والحصاد المبكرين بوجه عام . ومما يلفت النظر أن امتدادى الخطين الشمالى الشرقى والشمالى الغربى للانعكاسين الظهر يين الشرقى والغربى ، فى اليوم الذى تبدأ فيه السنة الزراعية ، يعينان حدود المساحة المنزرعة فى الوجه البحرى أى فى الدلتا ، وان الهرم الاكبر يوجد فى الرأس الهندسى للدلتا .

نستخلص من كل ذلك أنه قد وضع تصميم خارج الهرم الاكبر وأختير مقره بالذات لكى يكونا دلائل على المواسم والفصول السنوية . فاذا كانت هذه النتيجة التى استخلصناها صحيحة فان هذا البناء يكون قد روعى فى تصميمه أن يكون له دخل فى النظام الاجتماعى لمصر القديمة . أما أن يكون هذا القصد من التصميم قد تحقق

أم لم يتحقق فهذا شيء آخر . وكل ما اعترضه بترى على هذا الرأى ينحصر فى أنه لا يظن أن السطوح ذات الحجر الجيرى يمكن صقلها فتعكس الضوء . وهذا الاعتراض من الوجهة الهندسية البحتة يكاد يكون صحيحا ولكن اذا طلب الىّ أن أجعل السطوح عاكسة ضمنت ذلك مشترطا ملاءمة الأحوال الجوية . ولقد كانت الحاجة لتوافر هذا الشرط الأخير العقبة الحقيقية التى اعترضتنى الى أن أمدنى الكابتن فرد ويتيكر Fred Whitaker كبير معلمى الاشارة فى الجيش الخامس بمعلومات وثيقة وافية تدل على أن الانعكاسات فى أجواء الصحراء التى تحد القطر المصرى ممكنة وتراها العين . وقد فسر هذه الظاهرة — التى بررت القصد من تصميم الهرم — مسترجون

شكل (٢) الهرم الاكبر كزولة لبيان الفصول

ايتكن John Aitken خلال بحثه الدقيق فى وظائف الغبار الجوى .

ولست أرى من الضرورى أن أناقش ما اذا كانت هناك أو لم تكن تفصيلات لاحقة لتوكيد مسقط الانعكاسات ولجعل الانعكاسات نفسها مرئية

بوضوح . وتوجد طرائق كثيرة العدد يمكن بها الحصول على كل من المسقط والانعكاسات على أتمها . وأنني مقتنع بأن القصد من التصميم من هذه الناحية قد تحقق . وكما قال بترى بصدد الخواص الهندسية للهرم ، نقول نحن بصدد خواص الانعكاس : « ان الخواص التي تجمعت بصدد الشكل المختار (وهنا أضيف أيضا المكان المنتخب) ليست وليدة الصدفة العارضة . »

وهذا النموذج الذي ترونه للهرم قد صنعه مستر ج . رودس Mr. J. Rhodes من ألواح الزجاج الأبيض ، وهو يوضح تماما كل ما تستطيعه أوجه الهرم الأكبر المصقولة المبنية من الحجر الجيري ، وكذلك يوضح كل مقاصد التصميم ، وقد وضع مستر رودس تصميم هذا النموذج مراعيا فيه مسألة الضوء لبيان الانعكاسات الموضحة على عدة لوحات حضرتها بنفسي بخصوص الهرم . وقد أعار النموذج للاستاذ جون جودمان John Goodman لاستخدامه عند القاء المحاضرات ، وباشارته تكرم مستر رودس فأعارني هذا النموذج لهذه المناسبة .

ومع ماقي كل ذلك من الجمال من الوجهتين النظرية والعملية وجد اعتراض قد يبدو من مظهره أنه وجيه لايقبل الجدل . ذلك أن غالبية علماء الآثار المصرية يعتقدون أن قدماء المصريين لم يكن لهم تقويم سنوى ثابت ، وأقصد بكلمة ثابت أنه راكز لا يتزحزح بالنسبة الى السنة الشمسية . وهذا يصدق عن الفترة ابتداء من الأسرة الثامنة عشر فما بعد ، حيث لم يكن قد لوحظ بعد أن هنالك سنة كبيسة أو أية طريقة أخرى لضبط التقويم . والظاهر أن الأسماء الموسمية لشهور هذا التقويم المتقلقل تدل مع ذلك بوضوح على أنه مضى وقت كانت فيه هذه الشهور متصلة بالفصول السنوية التي تسمت بأسمائها . ومن ثم قد أعددت خريطة لبيان التوقيعات الموسمية نقلا عن ثلاثة مصادر مستقلة بعضها عن بعض ، وأخرى لتوقيعات التقويم السنوى نقلا عن المدونات المؤرخة للاثنتى عشرة أسرة الأولى . ولقد دل تواقت هاتين الخريطتين المنقولتين على أن التوقيعات المتتالية

للتقويم السنوى القديم متواقتة مع توقيعات السنة الشمسية، ومعنى هذا أن التقويم المصرى كان محدودامعينا خلال زمن الاثنتى عشرة أسرةالأولى . وفى هذا التقويم يتفق أول موسم البذر مع أول موسم البذر فى أيامنا الحاضرة وهو أول نوفمبر أو ما يقرب من أول نوفمبر .

وتدل الخريطة على أن العمل كان حرا خلال التاريخ المصرى كله بالنسبة لبعثات العمال البعيدة للتعدين وقطع الحجارة المخصوصة — المرمر والجرانيت والديوريت — بين نهاية البذر و بدء الحصاد فقط . ولقطع الحجارة الأخرىالتى لا تنقل إلا زمن الفيضان بين مؤخرة الصيف و بدء موسم البذر .

أما فى حالة قطع الاحجار الجيرية للاهرام من الجهات المجاورة ، حيث المحاجر توجد فى جانب النيل المقابل ، فقدكان القطع يبدأ عند نهاية الحصاد زمن فيضان النيل ، حيث يسهل نقل الحجارة عبر النيل من المحجر الى مقر الهرم.

واخالكم توافقون على أنهذا المحصول العلمى الراقى ، وذلك التقدم الفجائى لمدنية عصر الاهرام، يستلزمان شرحا مستفيضا وافيا بالغرض. لأنالوضع التاريخى فىهذا الصدد، كما سيتضح، متعلق تماما بالبحث الفنىبحيث لا يمكن فصل أحدهما من الوجهة المنطقية عن الآخر . وكأن بعض علماء أوربا أو أمريكا الحاليين ، من علميين ومهندسين ومشرعين ، قد انتقلوا القهقرى الى تلك العصور السالفة فى أيام الاسر المالكة المصرية القديمة، كمرشدين أجانب بين عمال قدماء قادرين جسمانيا. واذن فلنبحث كيف أنالظروف التىهيأت الفرصة لهذه الموازنة اللغزية قد تهيأت هى أيضا ونهضت .

ظهرت فى الفترة ما بين سنتى ٤٠٠٠ و ٢٥٠٠ قبل الميلاد مدنية عجيبة هى التى مهدت السبيل الى بعث وتوجيه كل المدنيات المعروفة فىالشرق القديم. وفى مؤلف نشرته سنة ١٩٢٤على الهرم الاكبر ذكرت الادلة الأثرية والجغرافية المؤدية الى استخلاص أن أم المدنيات ظهرت فى الوجود فيما نسميه الآن أواسط

آسيا الصينية . ولقد أدهشنى أن مؤلفى كتاب كمبردج فى التاريخ القديم يوافقوننى مستندين فى ذلك على براهين تخالف براهينى بتاتا .

وفى مؤلف لى نشرته سنة ١٩٢٧ واسمه (مصر القديمة وبابلونيا وآسيا الوسطى) ذكرت كل المعلومات التاريخية على صيغة عرض تحليلية طبقت بنجاح فى حل المسائل المعقدة فى العلوم الصناعية . وقد أجمعت البينات المتآلفة المترابطة على اثبات ما ذهب اليه منذ سنوات الاستاذ ا . ه . سايس A H.Sayce ، وهو أول من استكشف مدنية الحيتيين Hittite ، من أن ظهور المدنية يرجع الى انتشار العناصر الراقية من الجنس الأبيض فى قديم الزمان . وفى أحدى الصور الموجودة فى الكتاب بيان لخطوط المواصلات حوالى سنة ٣٠٠٠ قبل الميلاد ، وهى خطوط تجارية بحرية شاطئية بين البحار الداخلية ومصاب الأنهار الكبيرة ودالاتها . ويدل أحد الخطوط المرسومة على أن دلتا نهر الاندس Indus هى فى الظاهر مركز الثقافة للمدنيـة الأولى الوالدة ، وقد وجدت لها فى الهند عن طريق المعاملات مكاناً وطيداً .

وفى الوقت الذى كنت أعد فيه كتابى كنت أجهل أعمال التنقيب عن الآثار التى كانت تجرى فى وادى الأندس . وقد ظهر اذ ذاك فى الجرائد الهندية والأوروبية أول التقارير عن النتائج التى حصل عليها . وتدل هذه النتائج على أنه وجدت فى وادى الأندس مدنية معاصرة لزميلاتها فى وديان الفرات والدجلة ونهر النيل . وقد أجمع المؤرخون رأيهم على أن البينات المستقاة من جميع المصادر التى عرفت اذ ذاك تفترض وجود مدنية رابطة ، أو كما قلت مدنية والدة ، فى جهة ما شرقى الدجلة أو شمالى الأندس أو فى الشمال الغربى منه . ويصل بنا هذا الموضع الأخير بالضبط الى الطريق البرى التاريخى بين بلاد بين النهرين وأواسط آسيا الصينية ، وهو الطريق الذى انتقلت خلاله الثقافة الأغريقة بعد الاسكندر

الاكبر ، والذى سارت فى الجهة المقابلة له بعد ذلك جيوش المغول بقيادة جنكيز خان .

وهذا يفسر لماذا أن الرأى الفطرى لقدماء الكلدانيين والمصريين عن الدنيا ، القائل بأن الدنيا هى بلاد مصر أو بلاد الكلدان تحيط بها الجبال من جميع الجوانب ، لا ينطبق على كل من هذين القطرين ، ولكنه تمثيل صادق لمهد مدنيتيهما فى أواسط آسيا الصينية . وهذه المنطقة كما ذكرت فى كتاباتى لم تكن موطناً للجنس الأبيض ، بل كانت الجهة التى اليها هاجر هذا الجنس مرغماً حوالى سنة ٤٠٠٠ قبل الميلاد .

على أن العامل المقلق البادى لكل من بحث هذه المسألة انما هو فى تعليل وجود مدنية فى اليابسة بذرت بذور ثقافتها خلال طرق البحر التجارية ، وان يكون هذا التعليل مقنعاً . وقد كانت طريقة شحن السفن وسيرها فى محاذاة الشاطىء موجودة قبل ان يتعهد العلم الحديث السفن بالتحسين فى نظام بنائها وفى الملاحة . لأن ذلك لم يكن ، كما قلت ، مجرد هجرة وانتقال لعناصر الجنس الابيض الراقى ، بل صقلا مستمراً لثقافة هذا الجنس ونشرا متواصلا لها فى الدنيا القديمة .

واضطر هؤلاء الطلائع الأول الى السير فى هجرتهم براً قاصدين دالات الأنهار ومصابها . وهنا على قلة عددهم وضآلة جالياتهم المنعزلة — وربما كانت الجالية يمثلها فرد واحد فى كثير من الحالات — دربوا أنفسهم وأعدوها لحاجات وأوساط أولئك الناس الفطريين الذين أقاموا بين ظهرانيهم . وعلى ذلك أقام منذ ٥٠٠٠ سنة أول ناشرى المدنية كما يقيم خلفه اليوم . ولقد استعمل الأول الآجر والملاط لأنه وجدهما ، ورأى الأشياء على الفطرة فحسنها وعدلها ، وجعل يدخل التحسين والتقدم فى الموارد الوطنية فحسن البيئه مع العقل . ولذلك نجد فى بلاد بين النهرين وبلاد العرب وفى سوريا ومصر والهند وبلاد البحر الابيض المتوسط

أن اللغة والدين والفن والعلوم والقانون والتجارة الفطرية قد تقدمت عن طريق التعليم الطائفي ، وانما خلال وسائل طبيعية ملائمة لكل صيغة من صيغ التثقيف الوطني الاولى الركيك .

وتقدم بناء السفن التي كانت تجوب حول شواطىء بلاد العرب فتحول الى طراز يجوب البحار ، وبالاسطول التجاري الاول الذي أنشىء بدأت التجارة البحرية تنتظم . ولذلك سميت السفن التي أنشئت خارج مصر والتي كانت تتاجر مع مصر القديمة « السفن الاجنبية » كما أشير اليها في المدونات الوطنية .

واقد أثبت سير هنبري براون Sir Hanbury Brown مدير الري العام السابق للدلتا أن ما يبدو الآن كأنه خندق يمر خلال وادي الطوميلات كان فيما مضى من سالف الازمان فرعا ضحلا ضيقا للنيل، يصله بالبحر الاحمر. وقد امتدت على طول وادي الطوميلات نهيرات أخرى صغيرة تغمرها مياهه . ولعل ذلك كان (وان يكن مشكوكا فيه) أول ظهور للنقل المائي بين البحر الاحمر والابيض المتوسط عن طريق قنوات النيل في الدلتا . ومهما كان أمر ذلك فان ابتداء مدنية الأسر المالكة في مصر قد أدى على الفور الى تواصل بحري مع كريت ، والى ظهور مدنية كريتية . وكانت سفن البحر الأبيض المتوسط في هذا الزمن تسيّر بالمجاذيف وتختلف حجماً إلى ما يقرب من ١٠٠ قدم . وقبل بدء العمل في الهرم الأكبر بعشر سنين اشتغلت أربعون سفينة سنوياً في نقل خشب السدر من شمالي سوريا . وفي أحد المدونات لهذه السنة ، وفي آخر للسنة التالية ، ذكر لبناء هذه السفن : وكذلك بناء نحو ستين زورقاً في سنة واحدة ، وهذه الزوارق كما هو ظاهر كانت للنقل عبر النيل وفي مجراه . وكان طول الزورق حوالى ١٧٢ قدماً .

يتضح من ذلك أن التسهيلات التجارية كانت موجودة، قبل البدء في بناء الهرم الأكبر، للحصول من المصادر الخارجية على ما يصح أن نسميه مستلزمات المقاول . وهذه تتضمن مواد كالخشب للاعمال الوقتية وللزوارق ، وفلزات ومواد

أخرى للسبائك المعدنية التي تستعمل في صناعة العدد والأدوات الأخرى . وهذه الأدوات كانت تصنع غالباً من النحاس ، على الرغم من أن الحديد استعمل زمنا طويلا ، وانما على نطاق غير واسع . ومنذ قرن استكشف الكولونيل هوارد فيس Howard Vyse قطعة من صفيحة حديدية (ساج) بين كتل الصخور في قلب الهرم الأكبر ، ومنذ عشرين سنة وجد مستر دوكفنجتون Mr. Dow Covington حلقة حديديه — من حجمها افترض أنها خلخالا — ملقاة في أحدى الأنابيب الهوائية للهرم الأكبر .

وكمثل للآلات المستعملة في عصر الهرم ذلك النموذج من الأزميل الذي كان يستعمل في زمن الحكم الذي بني فيه الهرم الأكبر . وهذا الأزميل يتألف من الجزء الشغال ، ومقطعه على شكل I ، ومن المقبض ومقطعه دائرى . والحافة الرفيعة للجزء الذي مقطعه I لها حافات متتالية قاطعة . ولكي تعد حافة جديدة قاطعة تطرق الشفاه حتى تعطى حافة أخرى قاطعة ذات مقطع أوسع ويقول سير فلندرز بترى « في الفترة ما بين الأسرتين الأولى والرابعة كانوا يجمدون النحاس بالزرنيخ الى ٦ و ٠٪ منه وبالمنجنيز الى ١ ٪ منه ، وبالبزموت الى ١٠٫ ٪ منه ، وبالقصدير من ٣ الى ٩ ٪ منه ؛ وعدا ذلك كان يوجد به كثير من الأكسيد ، وكان يطرق بشدة ، وكل هذا كان يجعل للنحاس حدا كحد الصلب الطرى . »

واستمرت عملية الصقل التثقيفي هذه التي ذكرناها ، والتي أنجبت مثل هذه النتائج السريعة المدهشة خلال الدنيا القديمة ، سائرة بانتظام حوالى الفترة ما بين سنتي ٣٥٠٠ و ٣٠٠٠ قبل الميلاد . وفي سنة ٣٠٠٠ قبل الميلاد تقريباً أخذت المدنية في وادي دجلة والفرات وفي وادي النيل والاندس شكلا معيناً . فقبل هذا التاريخ توطدت مدنية الاسرات في مصر . ولهذه المناسبة يفسر التقدم الذي جئنا على خلاصته رأى سير فلندرز بترى الخاص بمدة الأسر الثلاثة الاولى — وهى مدة

الاسر التى سبقت بناء الهرم الاكبر . حيث يقول « ان التقدم السريع فى الفن هو أظهر جهود ذلك العصر . وما كاد قوم الاسر تلك يظهرون حتى بدأت الخطوة الاولى العظيمة فى الفن . ثم تقدم الفن بسرعة حتى بلغ الكمال داخل حدوده الطبيعية» وتدل المدونات المعاصرة على أن طور التقدم السريع الذى يشير اليه بترى لم يشغل أكثر من أربعة قرون ونصف قرن . وجاء بعد ذلك مباشرة عصر بناة الهرم الاكبر .

وسرعة الانشاء والبناء هى أظهر المظاهر فى زمن الهرم . فقد بنيت أربعة أهرام ضخمة تشمل من البناء ما حجمه ٢٥١ مليوناً من الاقدام المكعبة فى ظرف ٦٨ سنة كما تدل عليه المدونات المعاصرة . وهذه الاهرام هى على الترتيب هرما صنفرو الشهيران وهو آخر ملوك الاسرة الثالثة ، وهرم الجيزة الاكبر والهرم الأوسط اللذين بنيا على الترتيب خلال حكمى خوفو (أوكيو بس) وخفرع . وهما أولا اثنين من ملوك الاسرة الرابعة . ومن نقوش البناء الموجودة فوق الصخور الواقية لمخدع الملك فى الهرم الاكبر علمنا أن النصف العلوى لذلك الهرم قد بنى خلال السنين السبعة الأخيرة من حكم كيو بس . وأن هذا النصف يشتمل من المبانى على اثنين وأربعين مليوناً ونصف من الاقدام المكعبة . وهذا عمل مدهش فى عصر وضعه ماسبروجدلا ، كما يبدو الآن ، فى « فجر المدنية » .

و بالاختصار ان تقدم البناء بالأحجار فى مصر محدود بالقرن السابق لتأسيس الهرم الاكبر . ومع ذلك ففى ببلوس Byblos فى شمال سوريا يوجد معبد بنى فى عصر الاسرة الثانية المصرية . وهنا نجد طوراً واحداً فى خطوط الاتصال . فأقدم البنايات المعروفة فى مصر يتألف من كتل جرانيتية للتبليط وجدت فى قبر من الآجر فى تينيس Thinis وهذا المثل الفريد تابع فى الزمن لمنتصف مدة الأسرة الأولى .

وقد بدأ بالفعل بناء المنشآت بالحجر فى مصر قبل البدء فى بناء الهرم الاكبر

وخلال العشرين سنة الأخيرة من حكم الأسرة الثانية (وكان أول المثل المعروفة بمثابة تجارب أجريت على البناء بالحجر ، وهذه المثل عبارة عن مدخل لمعبد فى هيراكونبوليس Hieraconpolis من حجر اسوان الجرانيتى ، وعن حجرة من الحجر الجيرى فى قبر من الآجر فى تينيس . وفى هذه الحجرة تتألف الوصلات من سطوح مصدوعة مشقوقة ، وتُرى فى السطوح المنظورة شقوق طبيعية ذوات نتوءات على الأوجه الظاهرة أصلحتها المطارق . وقد أصلحت بعض الحجارة بالفأس الذى به يصلح الصوان . نقول هذا معتمدين على قول سير فلندرز بترى الحجة .)

يقول بترى « ظهر فى بداية الأسرة الثالثة روح جديد بالكلية . وقد بدأ الملك الثانى بناء قبر هائل بحجارة من أنفس حجارة الجرانيت . ففاق هذا القبر كل القبور المبنية بالآجر التى لم تبلغ فى الحجم ثلث هذا القبر . والتى كان الملوك قبل ذلك يبنونها . وكان ذلك بدء عصر الهرم الأكبر ، حيث أدخل فى الدولة نوع جديد من الصور والأشكال . »

هذا العمل الجديد الذى قرظه بترى يدل بالتأكيد على تقدم صريح ثابت فى البناء التجريبى فى مصر . وللمرة الأولى فى التاريخ المصرى شرع فى عمل الانشاءات البنائية على نمط بناة الهرم المسرف فيه . وهذا البناء كان مقدمة لظهور نظام الممر والحجرة المبنيين تحت الارض فى الاهرام ، ولكنه ما تم قط . ولقد كُشف هذا العمل الناقص فى زاوية العريان بين الجيزة وأبوصير . وهو يتألف من حفرة مستطيلة نحتت فى الحجر الجيرى الطبيعى ، وابعادها هى ٨٢ قدما فى الطول و ٤٦ قدما فى العرض و ٧٣ قدما فى العمق . والوصول اليها من احدى نهايتيها عن طريق سلم واسع طوله ٣٦٠ قدما وعرضه ٢٨ قدما . وأما أرض هذه الحفرة المنبوشة فقد رصفت بكتل جرانيتية ممهدة على أشكال متوازيات مستطيلات وثقل الواحدة منها ٩ أطنان . وهذه الكتل موضوعة حول كتلة أخرى كبيرة فى الوسط ثقلها ٤٥ طنا . وقد جيء بالجرانيت كله بطريق الملاحة النيلية من اسوان

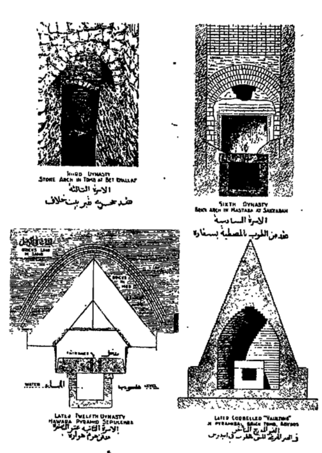
التى تبعد ٥٠٠ ميل .

ومن المبانى المعاصرة لقبر الأسرة الثالثة الذى لم يتم، ثم لما ولى ذلك فيما بعد من مبانى هذه الأسرة ، ذلك العقد المبنى بالطوب وذلك العقد الحجرى المؤلف من كتل حجرية جيرية غير مصلحة (موضبة) تماما ، والذى هو أول عقد حجرى تجريبى . ومع ذلك فان طريقة بناء العقود ظهرت حوالى زمن الأسرة الأولى وذلك فى منشآت عقدية مقلوبة فى المداميك اللبنية للجدران الموجودة بين الدعامات . ولهذه المناسبة أقول ان بناء المساند البارزة التى استعيض بها عن العقود ظهر فى مصر و بلاد بين النهرين وفى وادى الاندس فى وقت واحد . وأن العقود ظهرت فى وقت واحد فى المبانى فى كل من واديى دجلة والفرات . أما ان طريقة بناء العقود الحقيقية كانت معروفة فى مصر فى هذا التاريخ فيدل عليه أن فى بعض المثل البنائية اللبنية قطعا بنائية عقدية خابورية الشكل Voussoirs شكلت على هذا النمط عمدا . وكان ذلك فى زمن لا يبعد كثيرا عن سنة ٣٠٠٠ قبل الميلاد . ويوجد مثل لعقد حجرى ذى فتحة (باكية) تبلغ عرضها ٣١ قدما . وهذا العقد من مخلفات سنة ٢٠٠٠ قبل الميلاد . أما بعد هذه السنة بقليل فقد وجد من المخلفات الأثرية عقد لبنى على شكل قطع مكافئ . كأنما هو جزء من جهاز واق يدفع صدمة الهبوط الفجائى وتأثيراته فى حجرة الدفن فى هرم امينمحعت الثالث فى الهوارة. وهذه الحجرة تحت منسوب الماء، وطريقة انشائها يصح أن تكون درسا فى الاشياء لاولئك المهندسين الحديثين — أو للمعماريين الحديثين — الذين يرون أنه لا لزوم لوقاية البناء المنخفض تحت سطح الارض ضد الماء الا فى حالة ظهور رشح . والحجرة — جدرانها وأرضها — منحوتة من كتلة صلبة كبيرة من صخر السكوارتز الاصفر ، مع أنها تبلغ ٢٢ قدما طولا فى ١٠ أقدام عرضا .

وهذه المجموعة الواقيــة الموجودة فوق هذه الحجرة من الاهمية بمكان لانها توضح لنا تقدما شيقا فى التصميم خاصاً بوقاية البناء من الصدمات ، وقد ظهر

هذا التصميم على أتمه فى الهرم الا كبر كما سيجىء .

والى هنا قصرنا البحث على الطور العملى للبناء من حجر واحد . وقد استمر



(٣) بعض العقود المصرية القديمة من الأسر الثالثة فما بعد

هذا الطور نصف قرن تقريبا ثم وليه نصف قرن آخر مضى فى اجراء تجارب للتحقق من خير الوسائل التى بها يستخلص ، من بين التجارب الكثيرة ، نموذج جديد للهرم يبقى الدهر كله . واستمر عصر الأهرام أربعة قرون . على أن أفخم ما أنجز من البنايات فى ذلك العصر هو هرم الجيزة الا كبر — المبنى بعد تجارب طويلة كثيرة أجريت فى البنايات التى تمت فى القرن السابق لتأسيسه . ومكانه من حيث زمن ظهور الأهرام بوجه عام يقع بعد الزمن ، الذى بدىء فيه ببناء أول هرم ، بما يزيد قليلا عن نصف قرن .

وتدل خريطة منطقة ساحة الأهرام على توزيع جميع هذه الأهرام المبنية فى المدة مابين الاسرة الثالثة ونهاية الإسرة السادسة . فهذه هى فترة الاهرام الحقيقية وتمتد هذه الساحة عشرين ميلا فقط ما بين أبى رواش ودهشور . ففيها بنيت أهرام الاسرات الثالثة والرابعة والخامسة والسادسة ، ما عدا هرم الاسرة الثالثة فى ميدوم .

وأهرام هذه الفترة — التى هى عصر الهرم الصخرى — هى العمل الذى تم خلال أربعة قرون . وتلت ذلك فترة طويلة بسبب الفتح والاحتلال السوريين وبعدئذ استؤنف بناء الاهرام حوالى سنة ٢٠٠٠ قبل الميلاد ، فى مدة حكم الاسرة الثانية عشرة المصرية واستمر زهاء قرنين . وبذلك انتهى العصر الهرمى فى مصر . وتمتاز هذه المثل الاخيرة من الاهرام المبنية بأنها بنيت من لبنات طينية جففتها الشمس وقد غطيت بالحجارة، وبأن نظام الممار والحجر المبنية تحت الارض معقد كل التعقيد لتضليل لصوص المقابر . وأما أهرام الاسرة الثانية عشرة هذه فقد وسعت المنطقة الهرمية ناحية الفيوم مسافة قدرها نحو ١٦ ميلا الى الجنوب الغربى من هرم ميدوم، ثم قفزت شمالا داخل المنطقة الهرمية الحجرية فى دهشور و اشت Lisht .

والذى يهمنا هو العصر الحجرى للاهرام . وعلى الأخص تطور تفاصيل البناء وكذلك قواعد بناء الهرم الصخرى خلال القرن الاول من هذا العصر . وقد أخذت كل الاحجار تقريبا اللازمة لأول هذه الاهرام وأكبرها من المحاجر الجيرية فى طرة والمعصرة على الضفة الشرقية للنيل . وكانت الكتل الحجرية تنقل على زحافات من المحاجر الى شاطىء النيل زمن الفيضان أى خلال مسافة تقرب من الميل طولا . وهناك كانت توضع على زوارق أو أطواف خشبية تعبر النيل أيام الفيضان السنوى الذى يستغرق مائة يوم . وفى حالة الهرم الاكبر كانت المسافة التى تقطعها هذه الزوارق تقرب من ٦ أو ٨ أميال ، أى الى سفح هضبة الجيزة

الصخرية التى يقوم فوقها الهرم .

وحينما نصل الى درس نشوء بناء الهرم الحجرى سنتبين أن العامل المهم الذى روعى فى التصميمات المتتالية متوقف على تجهيز البناء بما يقاوم به التحريف التركيبى أو البنائى أثناء استقرار كتلة الهرم ، وعلى الأخص تلك التحريفات الاخرى التى قد تنجم عن هبوط محلى واسع المدى فى التكوين الطبيعى لحجر الجير أو عن صدمة الزلازل . على أن طبيعة تكوينات الحجر الجيرى بتجاويفها وشقوقها المتلفة كانت معروفة تماما . ولذا فان التصميمات التجريبية الاولى قد أسفرت عن نقص عندما نفذت عمليا . وكان من جزاء هذه التجارب التى أجروها — مدى نصف قرن — أن ظهرت الفكرة البنائية لذلك البناء الفذ وأقصد به هرم الجيزة الاكبر . وأظن أننا حينما نتتبع أدوار التطور فى بناء الأهرام وندرس الوجوه البنائية فى الهرم الأكبر سنتحقق من أن ذلك البناء التجريبى العظيم قد عمل لغرض خاص . وأرى أن نسلم بأن ذلك العمل التجريبى اشتمل على منهاج معين لتدريب العمال المصريين ولبسط القواعد البنائية الصحيحة اللازمة لتصميم الهرم وانشائه .

ومن ثم يقول بترى عن هرمى دهشور المنشأين قبل الهرم الاكبر : «الظاهر أن البناة كانوا جد عارفين بطريقتهم لا مندفعين الى تقليد المثل الموجودة . » ويقول أيضا عن أقدم الاهرام كلها وهو هرم سقارة المدرج انه « بنى بحجارة رديئة وصغيرة تفتتت فى الغالب واستحالت ترابا . » ولقد تتبع بترى التقدم الذى بلغ أتمه فى هرم الجيزة الاكبر فقال « ان انحطاط التصميم والعمل الذى كان يشاهد بنوع خاص فى الاجزاء المخبوءة يسير مع ترتيب الزمن . » فمن هذا وغيره من البينات الاخرى يتضح أن المعلمين الاجانب للعمال المصريين قد حصلوا على المعلومات الكافية من الهرم الاخير الذى انشىء قبل هرم الجيزة الاكبر ، وأن البناء البالغ حد الكمال الذى رغبوا فى تخليده كان من ثم مدخرا فى التصميم ، وأنه أنجز ببناء

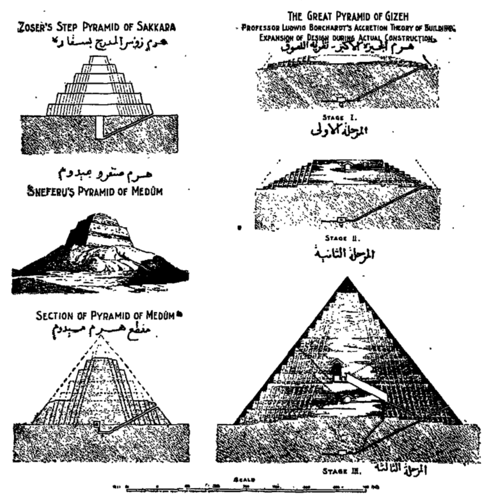
هرم الجيزة الاكبر .

ومن الهام المدهش انه بينما كانت القبور الأولى تبنى باللبن ، ثم تطورت فيما بعد الى منشآت حجرية ، كانت الأهرام الاولى أيضا تبنى بالحجر ، وقد بلغت بسرعة حد الكمال فى البناء بالحجر ، ثم انحط بناؤها بالحجر ، وأخيرا انحطت حتى صارت منشئات مبنية من لبنات طينية .

وأول الاهرام هرم سقاره المدرج . بناه زوسر Zoser أحد ملوك الاسرة الثالثة المصرية بالحجر الجيرى . وقد بنى فى الاصل على شكل قبر عادى مستطيل الشكل من النموذج المعروف باسم المصطبة ، أى الذى فيه تميل الاوجه الخارجية بنسبة ١ فى الاتجاه الافقى الى ٤ فى الاتجاه الرأسى . ولقد تغيرت المصطبة فى القطاع الافقى لتكون أوطأ درج الهرم . ثم بنيت فوقها درجات متتالية ذوات سطوح كما يبدو فى شكل هرم سقارة المدرج . ويبلغ ارتفاع اسفل درجة ٣٧ قدما و ٨ بوصات . اما ارتفاع اعلى الدجات فتبلغ ٢٩ قدما و بوصتين . وأما الدرجات المحصورة بين هاتين فتقل نسبيا فى العمق من القاع للقمـة . أما القطاع الافقى للدرجة السفلى هذه فتبلغ مساحته ٣٩٣ قدما طولا فى ٣٥١ قدما عرضا . وكل درجة تالية تقل فى المساحة عن سابقتها بمقدار ٦ أقدام و ٦ بوصات من جميع الجوانب . ويبلغ الارتفاع الكلى من القاعدة للقمة ١٥٩ قدما و ٩ بوصات .

وتدل صورة هذا الهرم على التسلسل الغريب الذى اتبع فى البناء . وقد أضيفت اللصوق المتتالية ذات السمك الواحد الى المصطبة الوسطى لتكون الدرجة السفلية الكبرى . وكل اصق يحيط بما قبله من اللصوق ، أى جدران تلو جدران . وكلها منحدرة الى اعلى والى الداخل على انحدار المصطبة بمقدار ٣ بوصات للقدم الواحد ، فكأنها طبقات متتالية واقية ذات جدران منحدرة مستقرة ولكل طبقة غلاف أملس .

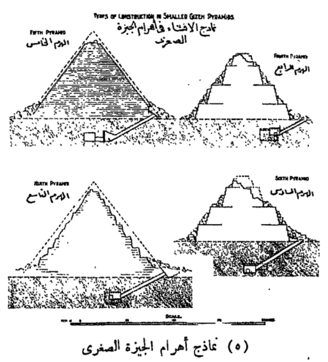
وفوق هذه الدرجة السفلية الكبرى المبنية كما ذكرنا بنيت الدرجة الثالثة بنفس الطريقة، وهكذا كل الدرجات المتتاليه . وكما هو ظاهر من الرسم لايوجد كسر فى الوصلة عند الانتقال من درجة الى أخرى فوقها . وان تلك الاصوق التى



(٤) نظرية اللصق فى تصميم الهرم وانشائه (نقلا عن ماسبيرو وبترى وبروكارت)

سميتها « ذوات الجدر المستقرة » تسهيلا للوصف قد أنجزت بوساطة درجات أعلى متتالية فكأنما هى جدران صاعدة باستمرار ذوات وصلات مستقيمة مستمرة . ولعل تشبيهها بالجدر المستقرة المنحدرة يفسر القصد من طريقة البناء هذه خير تفسير . فالقصد كما هو ظاهر أن « يستقر » كل قلب مغلف لكى يمنع الكتلة كلها من

الانبعاج ، أو بعبارة اخرى النتوء الى الخارج ، خلال الركوز الطبيعى للبناء أو خلال ما يحدث له من الهبوط .



(٥) نماذج أهرام الجيزة الصغرى

على أن عيب التصميم ، كما هو ظاهر ، كائن فى الوصلة المستقيمة الممتدة بين الجدران المستقرة المغلفة المتتالية . فلم يكن هناك قيد لتوزيع تأثيرات الركوز غير المتعادل أو الهبوط المحصور فى مكانه . وهذا سبب مالاحظه بترى عن الحجارة من أنها « استحالت ترابا » أما هرم سقارة المدرج، اذا نحن أخذنا بالحديث من المقارنات ، فلم يستطع احتمال « تجربة الغوص الجاف dry slump test » التى ينتجها ذلك الانشاء الغريب الناقص .

وأما هرم صنفرو فى ميدوم فقد بنى بنفس الطريقة ، وهو الآن فى حالته الخربة يكشف عن عيوب ذلك النوع من الانشاء والبناء . ونظراً لأن هذا الهرم بنى بكتل أكبر جرماً وأكثر انصلاحاً (توضيباً) أو بحجارة جيرية دققوا كثيراً فى اختيارها ، ثم بوصلات أدق من مثيلاتها فى هرم سقارة، فانه لم يتداع .

بسبب الرض والتحطيم بل كما يظهر من الرسم . بسبب الانبعاج الى الخارج والقص . وهذا التداعى لم يزل الكتل المكونة للمنحدرات المغلفة الخارجية فقط بل أزال أيضاً الخوابير الكبيرة الموجودة فى السطوح القلبية الداخلية . وصفة العجز والاخفاق فى هذه الحالة راجعة الى التيبس الكثير الحادث فى عناصر الجدران المستقرة لهذا الهرم اذا هو قورن « بقابلية التشكيل » الهشة فى هرم سقارة.

وقد أدت هذه التفاصيل فى عيوب البناء ، التى كشف عنها تداعى هذين الهرمين ، ببعض علماء الآثار المصرية المتقدمين الى استنتاج ان جميع الاهرام قد بنيت على هذا النمط سواء نجحت أم أخفقت . ولكن لا أرانى فى حاجة الى البحث فى الصيغة القديمة لنظرية اللصوق هذه فى انشاء الهرم . تلك النظرية التى أوردها الدكتور لبسيوس Dr. Lepsius ما دام بترى قد هدم هذه النظرية منذ ٤٥ سنة . غير أن الاستاذ لدوج بروكارت Ludwig Bochardt قد صحح حديثاً هذه النظرية وعدلها تعديلا طفيفاً بصيغة قد تبدو موافقة لاعتراضات بترى اذا هى درست درساً سطحياً . ونظرية بروكارت هذه اذا طبقت على الهرم الأكبر تسلم بأن تصميم هذا الهرم قد غير ثلاث مرات متتالية خلال البناء ، وان كل تبديل أجرى فيه كان يتجه الى تكبير الهرم . وان كل هذه التعديلات قد تيسرت باتباع طريقة بناء هرمى سقارة وميدوم السابقين ، وهى الطريقة التى رأينا نقصها .

أنا لا أقول ان بروكارت يوافق على طريقة البناء هذه ، ما دمت قد استخلصت من مشاهداته أنه يرى أن هذه الطريقة ناقصة . ولكن ما أقوله واوكده انه لا يوجد مهندس معمارى خبير فى اقامة البنايات ذات الحجر الواحد monolithic يوافق على نظرية الاستاذ بروكارت حينما تتضح له الحقائق المادية . وهذه الحقائق المادية بسيطة فالهرم الأكبر ظل قائماً على حال عظمته القديمة زهاء ٤٠٠٠ سنة قبل ان يزيل العرب غلافه الخارجى ، ثم ظل بعد ذلك قائماً ١٠٠٠ سنة

دون أن يصيبه تهدم آخر محسوس .

والتفسير الواضح لبقاء الهرم الاكبر على حاله سليما للآن هو انه لم يتبع فى انشاء مداميكه طريقة الوصلات المستقيمة ، و بعبارة أخرى ان مداميكه مر بوطة تماما فى البناء كله . ولو كان الأمر غير ذلك لما ظل الهرم قائما كما هو خلال تلك العصور ، ولما كانت فتحاته وممراه الداخلية سليمة كما هى الآن من الشقوق القصية الرأسية والازاحات المقطعية الجامدة التى لا يمكن اجتنابها فى نموذج البناء ذى اللصوق . فأمثال هذه التغيرات ، كما كشفت فى ممار الهرم الاكبر بالثيودليت والشريط الصلب ، ترينا تأثير التجمع المستمر لانحراف المداميك البنائية المربوطة تماما ، ذلك الانحراف المنتظم الذى على شكل عقد مبسوط . وهذه المداميك قد هبطت بسبب التجويف الوسطانى لطبقات الحجر الجيرى المتآكلة المشقوقة التى بنى الهرم فوقها .

على أن عيب طريقة اللصوق البنائية هذه وجد له نظير فى أيامنا الحاضرة فى تاريخ خزان اسوان . فان تسلسل البناء فى هذه الحالة لم تمله الحاجات الهندسية ، بل أملاه الرأى الحميد لعلماء الآثار القديمة وهواة الفنون الجميلة . ففى التصميم الأصلى للخزان قد روعى غمر أطلال معبد فيلة بالماء غمراً متقطعا هو وما عداه من الآثار القديمة فى منطقة الشلال الأول . لهذا انقص ارتفاع الخزان ، وتبعا لذلك قل سمكه ، فتغلبت العاطفة على الحاجة . ولكن لما انعكس الامر وتغلبت الحاجة على العاطفة بعد ذلك بعدة سنين رؤى أن يعلى الخزان ثم بالتالى يزاد سمكه .

وفى هذه الحالة لم ينجح المهندس فى عمل تراض متبادل — شأنه الاضطرارى دائما — بين العاطفة والحاجة فحسب ، بل انه نجح أيضا فى أن أخرج قطعة بناء سليمة فى ظروف غير ملائمة من تسلسل بنائى ردىء . لقد اضطر أن يبنى بناية اضافية على ظاهر المنحدر الكبير الميل . ولكى يربط البناءين المنفصلين بعضهما

بعض دق فى البناء القديم قضبانا من الصلب يبلغ قطر الواحد منها بوصة ونصف بوصة — على مجاميع رأسية وأفقية — ثم غمرت بالسمنت فى البناء الجديد . وهذا كما هو ظاهر أقل سلامة فى البناء من التصميم الأصلى اذا هو انجز . هذا والبناء كما هو سيبقى طويلا سادا لحاجات الرى الحديثة وطرائقه فى النيل ، ولكنه لن يبقى المدة التى يعينها المهندس للخزان إذا عمل حسب تصميمه الأول . وان الانسان فى الحقيقة ليعجب اذا لم يتقدم ، بعد ٤٠٠٠ سنة أو ٥٠٠٠ سنة مثلا ، أحد علماء الآثار المزهوين بتحسين جديد فى نظرية اللصق فى بناء الخزانات يكون تفسيراً للتسلسل العيارى فى البناء المتبع فى أيامنا الحاضرة .

***

والآن فلنعد الى الأهرام القائمة على هضبة الجيزة . فنجد هنا بضعة اهرام أصغر تعيد حالاتها المتخربة تاريخ نشوء الأهرام الكبرى . وهذه الاهرام الصغرى لا تبرهن فقط على استحالة تطبيق نظرية اللصق تطبيقا عاما ، بل تدل فى حالتين ظاهرتين من المقاطع المرسومة على اتفاق متبادل بين التسلسل الأسبق الناقص للبناء وبين التسلسل البنائى الذى اختير فى حالة الهرم الأكبر . وبدلا من الوصلات المستقيمة المتواصلة الموجودة فى الأهرام الأولى يوجد فى الهرمين الصغيرين (الرابع والسادس فى شكل ٥) بناء مترابط فى كل درجة ، مع توافر شيء واحد هو أن الوصلة القديمة المستقيمة لكل وجه مدرج تقطعه المداميك المتعاقبة قد ازيحت الى الخلف عن المدماك السابق الاسفل فى السن ratchet الرأسية . على أن هذا التجهيز الاخير كان عديم الجدوى كما تدل عليه حالة التخرب ومداه . وظاهر أن الغلاف وملء ما بين الغلاف والدرجات المسطحة لقلب البناء قدتم عملها بعد تمام عمل الدرجات المسطحة هذه . وترى فى مجموعة الاشكال هذه ثلاثة من نماذج البناء . والنماذج الممتازة ظاهرة رغم حالات التخرب فيها ، ورغم كل ما قيل عن الحقائق المادية لبناء الهرم . ولا يفوتنى أن أقول اننى عارف بالدور الذى

لعبه العرب وغيرهم فى هدم أغلفة الأهرام . واعتراضى هو أن مثل هذا الهدم قد استمر طويلا الى ان قلت مقاومة البناء الناقص ومايتبع هذه القلة من التأثيرات فتهدم وتخرب .

ذكرت أن صنفرو آخر ملوك الاسرة الثالثة بنى هرمين قبل ان تبدأ فترة الجيزة الهرمية ببناء هرم الجيزة الاكبر . وأحد هرمى صنفرو هو هرم ميدوم — بنى على قاعدة « اللصق » الناقصة . وأما هرمه الثانى وهو الأكبر فقد بناه فى دهشور ، وهو المعروف باسم هرم دهشور الكبير أو هرم دهشور الحجرى الشمالى . وهذا الهرم يقرب فى الحجم من هرم الجيزة الاكبر — فارتفاعه ٣٢٦ قدما وعرض قاعدته ٧٠٠ قدم — ولا يضاهى فى جودة الصنعة هرم الجيزة الأكبر ، ولكنه من حيث دقة الصنعة قريب من هرم الجيزة الثانى .

وكانت حالة هرم صنفرو فى دهشور عندما فحصه الكولونيل هوارد فايس منذ ٩٢ سنة تدل على أن البناء خال من الوصلات المستقيمة المتواصلة ، وبعبارة أخرى ان مداميك البناء فى القلب مترابطة تماما . ويدل هذا كله على أن صنفرو بنى هرميه على طريقتين مختلفتين للبناء . وقد انتفع بالخبرة التى حُصل عليها عند بناء المداميك المترابطة فى هرم دهشور الكبير فى تكميل التصميم البنائى الذى عمل لهرم الجيزة الاكبر فى عهد الحكم التالى . وكل استنتاج آخر غير ممكن ، على ما يبدو ، فى ضوء تسلسل هذه الحقائق المادية التى أو جزتها فيما مضى .

وهناك واقعة أخرى تؤيد أن العمل فى هرم صنفرو بدهشور هو الطور التجريبى الأخير الذى انبنى عليه التصميم النموذجى الكامل الذى ابتكره المدربون « الأجانب » ولقدظهر هذا التصميم تفصيلا وجملة فى هرم الجيزة الأكبر . ويقول بترى « ان لهرم دهشور مخادع مسقفة ، كتسقيف دهليز هرم الجيزة الاكبر ، بتعشيقات صخرية . والسقف مرتفع الى علو كبير وعلى جوانبه ما لا يقل عن أحد عشر بروزا » . ولقد ذكرت فيما مضى نفس ماقاله بترى عن هذا الهرم من انه

« يبدو على بناته انهم جد عارفين طريقتهم . »

ولقد رأينا بعد ذلك أن الصنعة المصرية قد تحسنت بسرعة من حيث الدقة خلال الطور التجريبي لبناء الأهرام . لابل ان نموذج البناء قد تحسن ايضا فى الوقت نفسه بنفس السرعة ، وان دقة الصنعة وكمال النموذج البنائى قد ظهرا معا فى هرم الجيزة الاكبر . وبعد ذلك تقهقرت الصنعة تدريجيا ، ولم تبلغ المبانى المتعاقبة من الدقة والسمو ما بلغته هذه . وكلا هما ظهر عرضا فيما بعد فى التفاصيل لا فى كمال أى نموذج . وكل هذا يتفق مع ما استنتجناه ، وهو ان المدربين « الاجانب » أدركوا طلبتهم البنائية بظهور دقة الصنعة وكمال النموذج البنائى فى هرم صنفرو الكبير بدهشور ، وجعلوا من الممكن انجاز الغرض البنائى « للاجانب . »

أما أن ملوك المصريين كانوا يعرفون مقاصد المدربين « الاجانب » أم لم يكونوا واقفين عليها فغير مهم . ولكن المصريين المعاصرين لاولئك الأجانب قد رأوا فى الأهرام نفس مارآه الكثيرون فى مختلف العصور فى هذه المنشآت ، وهو خاطر الزهو الكاذب بخصوص تخليد اسماء ملوكهم وذيوع أمرهم . وفى الحق قد يكون الملوك الذين تبوأوا عرش مصر بعد ذلك بالتتابع قد رأوا فى ضوء هذه الحقيقة جلال تلك المنشآت التى ستقترن بأسماء أولئك الملوك الدهر كله . أما أن ذلك لم يكن الباعث الدافع الى اقامة تلك البنايات فقد يتضح من حالة تدهور الصنعة ، ومن ان النموذج البنائى لم يبلغ أتمه الا مرة واحدة وذلك فى هرم الجيزة الاكبر ، ومن ثم بدأ النقص يظهر فى الأهرام المتتالية التى بنيت بعد ذلك حتى فى ضآلة الحجم .

ومن الوجوه الغريبة فى بناء الهرم الاكبر ذلك التغير الشاذ فى أعماق مداميكه . فالمداميك من اعلى الهرم الى أدناه مقسمة الى مجاميع . وفى كل مجموعة يكون أطول المداميك سمكا أو ارتفاعا هو المدماك القاعدى ، وكلما ارتفعت المداميك فى المجموعة قلت على التوالى فى السمك أو الإرتفاع . والمدماك القاعدى

فى كل من المجاميع العليا المتتالية أكبر سمكا أو ارتفاعا من أعلى مدماك فى المجموعة التى تحتها .

والتفسير الذى اقترحه لهذا التغير فى المجاميع هو أن المداميك قد صممت كذلك لكى تقاوم تأثيرات الهبوط الفجائى بوساطة موجات متتالية من موجات المقاومة البنائية المختلفة درجات الوقاية من الصدمات . على أن قليلا من التأمل والتمعن يدل على أن « العقد المنبسط Flat-arching » ذا المداميك المختلفة الارتفاعات، والمختلفة الحجوم من ثم، اذ أن كل منها صنجة قوية قائمة بذاتها، يحدث التطورات المختلفة المتعاقبة للمقاومة المانعة للصدمة ، فى حالة حدوث تجويف فجائى داخلى فى الصخرة الطبيعية . وأن التغير الفجائى فى درجة المقاومة عند الانتقال من مجموعة مداميك الى التى تليها يمنع الهبوط فى الكتلة . ويكون كل ماذهب اليه التصميم فى الحقيقة هو الاستعاضة عن الأطوار المتتابعة للتصدع والتحريف الصغيرين بطور واحد مخرب لتصدع الكتلة وانحرافها . وقد اجتنب القطوع القضمى shearing failure المخرب للبناء وذلك بمده بخطوط أو مجارى توزيع متناسبة ينساب فيها فعل التسوية .

واذا ما ذكرنا أن تنضيد الطبقات فى هضبة الجيزة التى بنى الهرم الاكبر فوقها ، بل أيضا تنضيد الطبقات لجزء وادى النيل كله المجاور ، يتألف من الحجر الجيرى اتضحت لنا كل الاتضاح الأسباب الجيولوجية لتأثيرات الهبوط المنتظر . على أن مجرى النيل نفسه قد نشأ من حدوث عيب عظيم فى الحجر الجيرى . يقول بترى « انه تآكل حتى صار مجرى ضيقا تغذيه المياه الواردة من كهوف فى الصخور تحت الأرض » وهو الآن « مملوء بحتات يكون المجرى الحالى للنيل . » وفى أمثلة الخسوف فى الكهوف والمغارات الموجودة تحت الأرض بينات ودلائل على مصدر الهبوط المنتظر . وكما يقول بترى « أن كهوفا قد خسفت وهى على عمق بضع مئات من الأقدام أسفل نهر النيل الحالى . »

أما أن هناك غرضا خاصا فى بناء هرم الجيزة الاكبر فقد تحقق عن طريق داخله الشاذ النظام والتركيب . فلم يوجد قبله بناء بهذا الشذوذ فى التركيب ، بل لا يوجد شىء يدل على تطور ثابت أو سريع فى نظام الممرات والمخادع الخاصة بتلك الكتلة المبنية . حقيقة توجد تفاصيل تجريبية بنائية فى الهرم الذى سبقه ، وأعنى به هرم دهشور ، وهذه لا توجد فى نظام داخلى كنظام الهرم الاكبر ، اذ أن هذا النظام كان مجهولا قبل الهرم الاكبر . و بعد ظهوره لم يوجد أثر لمحاولة يراد بها تقليده . وكل ما صنعه الخلف بعد ذلك فى بناء أهرامهم أنهم رجعوا الى نظام الممر والحجرة الذى سبق الهرم الاكبر . وهذا يتألف عادة من ممر هابط الى أسفل بناء الهرم ، يؤدى باستمرار الهبوط الى حجرة أو مجموعة حجرات تحت الارض فى الصخرة الطبيعية . وفى بضع حالات قليلة تكون هذه الحجرة أو مجموعة الحجرات بعضها فى الصخرة و بعضها فى البناء أو تكون بجملتها فى البناء وانما بالقرب من منسوب الأساس .

وهرم الجيزة الاكبر شاذ من حيث احتوائه على مجموعة متقنة من ممرات صاعدة وأفقية على ارتفاع فى البناء القائم تؤدى الى مجموعتين من الحجرات . وهذا النظام الداخلى المتقن يبدأ بالممر الهابط أى بالنظام العادى للهرم . ولكن هذا النظام الداخلى الشاذ قد أخفى عمدا أثناء انشاء الهرم ، لأن الفتحة الزائدة فى سقف مدخل الممر الهابط لم تسد سدا محكما بكتل الاحجار الجرانيتية فحسب ، بل أن هذه الكتل أخفيت بكتلة من الحجر الجيرى وضعت لكى تبدو كأنها كتلة عادية من الحجر الجيرى تسقف مدخل الممر الهابط الذى يسهل الوصول اليه .

وكملحق لهذا السقف المغطى مجموعة الممرات والحجرات العليا الداخلية قد أمدت الحجرات نفسها بأنابيب للتهوية واصلة الى السطوح الخارجية للهرم . وقد تركت النهايات الداخلية لهذه الأنابيب فى الحجرات غير مقطوعة فى الجدران الحجرية . وقد تركت هذه الانابيب على الاقل فى الحجرة المسماة مخدع الملكة

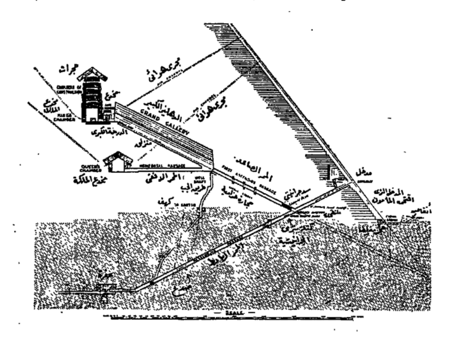
مغلقة دون تشغيل ، مع جزء طوله خمس بوصات غير مقطوع يفصل النهايات السفلى لهذه الانابيب عن سطوح جدران المخدع . ولقد استكشف عمال المستر وينمن دكسون Mr. Waynman Dixon هذه الانابيب عرضا سنة ١٨٧٢ وسأذكر فيما بعد دلائل يمكن الاستنتاج منها أن هذه المجارى الهوائية فى الحجرة المسماة مخدع الملك قد تركت فى الاصل كذلك غير مفتوحة .

وهناك أمر آخر متصل بذلك الاغلاق اللغزى وهو أن السد الجرانيتى، الذى يسد النهاية السفلى للممر الصاعد الأول ، على قدر ذلك الممر بالضبط ، وهو أيضا على قدر الممر العلوى بالضبط ، فلا يمكن أبدا أن ينزلق الى أسفل الممر كما كان يظن سابقا . فالنهاية العليا للسد تبلغ ٤١٫٦ من البوصات عرضا ، فى حين أن الممر العلوى يبلغ ٤١٫٥ من البوصات عرضا بل أن هذه الكتلة السادة ما كان يمكن وضعها فى الدهليز الكبير قبل انزلاقها الى مكانها . على أن العرض هنا بين جانبى المنزلق أضيق فلا يمكن وضع هذه الكتلة ولا مرورها . فالعرض المقصود ذراعان أو ٤١٫٢٦ من البوصات . واذن لا يصح القول بأن الممرات بعد بنائها قد وسعت حتى صار عرضها ٤١٫٥ من البوصات ثم بعدئذ عملت لها حافة ملائمة لكى تسمح للسد الذى عرضه ٤١٫٦ من البوصات أن ينزلق فيها الى أسفل .

ومن جهة أخرى ان ارتفاع السد عند كل من نهايتيه يبلغ ٣ و ٤٧ من البوصات ، فى حين ان فتحة الممر التى على بعد ٥ بوصات أعلى السد تبلغ ٢ و ٤٧ من البوصات . ففى جميع الحالات يتضح أنه لم توجد مثل تلك الحافة الملائمة التى تسمح للكتل أن تنزلق بسهولة الى اسفل الممر . وعدا هذا فانى أظن أن أى مهندس يفحص كتلة السد الجرانيتية يوافق على أنها بنيت من الداخل . ومعنى بناء الكتل من الداخل أن الفتحة الملحقة بمجموعة الممر الداخلى قد ختمت وأغلقت قبل بناء تلك المجموعة نفسها — وهذا مثل يشبه ذلك الذى شوهد فى

حالة الأنابيب الهوائية المغلقة .

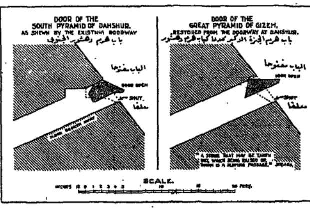
ويبدأ مدخل الممر الهابط لهرم الجيزة الأكبر فى الوجه الشمالى للهرم عند



شكل(٦) مقطع رأسى لهرم الجيزة الأكبر

المدماك التاسع عشر ، وارتفاع هذا المدماك ثلاثة أقدام و بوصتان ، معيناً الحدود الرأسية لباب المدخل الأصلى . وكان هذا المدخل مغلقاً فى الأصل بباب سرى من الحجر الجيرى لا يعرف أمره فى أيامه السالفة إلا الكهنة القائمون على حراسة الهرم . ولا يفوتنى أن أقول أن المستوى الرأسى المتوسط لمجموعة الممر يقع على بعد ٢٣ قدماً و ١٠½ من البوصات شرقى المستوى الرأسى الشمالى الجنوبى للهرم . وكان باب المدخل معروفاً زمن الرومان وقد استعمل ؛ وقد ذكره أيضا استرابو Strabo غير أنه لم يكن معروفاً للعرب الذين فى سنة ٨٢٠ ميلادية اقتحموا لهم مدخلا فى الوجه الشمالى للهرم بالقرب من منتصفه . وقد أدى الارتجاج الحادث من عمليات النقب التى أجراها العرب الى تقلقل الكتلة الحجرية الجيرية التى أدخلت تحت السدود الجرانيتية لاخفاء بداية مجموعة الممر الصاعد عن الأنظار ؛

وقد دل صوت سقوط الـكتلة العرب على محلها ، وكشف لهم عن كل من ممر المدخل و بداية الممر الصاعد الأول . وأضيف على ذلك أن الـكيفية البسيطة التى بها تزحزحت كتلة الحجر الجيرى عن مكانها تدل على الفرق بين الـكتل التى كقطع السدود الجرانيتية ، والتى كانت تبنى من الداخل كلما تقدم العمل فى البناء ، و بين كتلة كـكتلة الحجر الجيرى التى نحن بصددها والتى وضعت بعدئذ .



شكل (٧) باب هرم الجيزة الأكبر مجددا كباب هرم دهشور الجنوبى عمل بترى

أما تفاصيل الباب السرى الأصلى فى الوجه الشمالى للهرم فقد استنبطها بترى من باب هرم دهشور الجنوبى : وكما هو ظاهر فى الرسم يتألف الباب من كتلة من الحجر الجيرى تدور رأسياً وهى فى حالة اتزان دقيق . وتبدو هذه الـكتلة عند غلق الباب كأنما هى وصلة دقيقة من وصلات الوجه ، وهى فى نفس الوقت مجهزة بما يمنع الاحتكاك فى دورانها عند الفتح أو الغلق .

وأرى أنه ليس من الضرورى اعطاء أطوال الممرات المتعددة . انما من الضرورى ذكر ارتفاعاتها وعروضها إلى أقرب نصف بوصة . فالمدخل أو الممر الهابط يبلغ ٣ أقدام و ½ ٥ من البوصات عرضاً و٣ أقدام و ½ ١١ من البوصات ارتفاعا فى الاتجاه العمودى على الأرض أى ما يقرب من عرض السلالم فى أحد المنازل الحديثة ، وما يقل عن قدمين ونصف قدم عن ارتفاع المدخل فى هذه المنازل . أما الممر الصاعد الأول ، وهو المسمى بالدهليز الـكبير ، فارتفاعه الرأسى ٢٨ قدماً

و ٣ بوصات . و يتناقص عرضه فى القدر بالتتالى من ٦ أقدام و١٠ بوصات الى٣ أقدام و ٥ بوصات .

وأما أرضية الدهليز الكبير المنحدرة فتنتهى بالضبط بمركز الهرم ، أو بعبارة أدق تنتهى بالمستوى الرأسى المركزى (الممتد من الشرق الى الغرب) للهرم . فهذا المستوى هو النهاية البنائية المعلومة للارضية المنحدرة ، والنهاية معينة بسطح رأسى من الحجر الجيرى يبلغ ارتفاعه ٣ أقدام تقريبا ، ويعرف بالدرجة السلمية الكبرى .

و يوجد ممر ضيق أفقى قليل الغور بين بداية الدهليز الكبير ، أو نهايته السفلى ، و بين ما يسمى « مخدع الملكة » وعرض هذا الممر كعرض ممر المدخل والممر الصاعد الأول ، ولكنه أوطأ منهما ببوصة واحدة وذلك فى الجزء الا كبر من طوله . وقبل مخدع الملكة بقليل توجد درجة سلمية واحدة يهبط عليها قاصد المخدع ، وارتفاعها قدم واحد وثمانية بوصات . وهذا يزيد ارتفاع الممر الى ٥ أقدام و ½ ٦ من البوصات ، وتدل على مركز مخدع الملكة قمة روافده المنحدرة المسقفة له ، وهذا المركز موجود فى نفس مستوى الدرجة السلمية الكبرى ، أى فى مركز الهرم .

وأما الدهليز الكبير فهو أعوص لغز بنائى فى الهرم الا كبر . فان انفراجه الفجائى بعد ذينك الممرين المتتابعين الضيقين ، ثم انتهاءه بممر أكثر ضيقاً يصله بالمخادع العليا ، لا يجعلانه بالتأكيد أحد المنافع المقصودة كطرقة مثلا أو ممشى . ومن باب أولى لا يمكن الانتفاع به كأنه حجرة . ولكن المرحوم رتشارد بركتور Richard Proctor ، وهو الفلكى الذى كان يحرر مجلة « نولدج Knowledge أى العرفان» يرى ان الدهليز الكبير كان يستعمل للارصاد الفلكية . وناقش مسألة ان الهرم لم يكن قد تم فى الأصل فيما فوق المدماك الخمسين — أى لم يرتفع الى أكثر من الدرجة السلمية الكبرى — وذلك لكى تترك النهاية

العليا للدهليز الكبير مفتوحة صوب السموات الجنوبية ، وأنه ظل كذلك الى ما بعد الملك الذى فى عهده أنشئ الهرم .

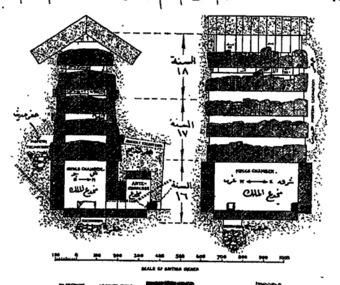
وقد أيد بركتور هذا الرأى بالاشارة الى قول بترى من أن البناء فى المخدع الذى فوق المدماك الخمسين ليس جيداً كالبناء أسفل هذا المدماك . على أن قول بترى فى هذا الصدد لا يدعم رأى بركتور اذا نحن فحصنا هذا القول من وجهة المهندس البناء . فالعيوب المفروضة قد نجمت عن سببين : ذلك أن بعض الشقوق والتحريفات فى مخدع الملك والمخدع المجاور له قد حدثت بسبب تأثيرات هبوط فجائى كبير ، وبسبب ضعف بعض تفصيلات البناء ، بالقرب من قمة المخادع الموجودة فوق مخدع الملك — تلك التفصيلات التى عملت ضعيفة عمداً . وهذه التفصيلات هى تفصيلات ضعف نسبى صمم لكى يكون هو أول أدوار منع الصدمة فى سلسلة أدوار المقاومة المتزايدة المتعاقبة .

وعدا هذا فان بترى يقول ان وصلات البناء فى مخدع الملكة أدق من مثيلاتها فى الدهليز الكبير . وإذن فالصنعة فى الأولى خير منها فى الأخيرة . ويضع بترى وصلات مخدع الملك ، من حيث دقة الصنعة ، هى ووصلات مخدع الملكة ووصلات ممر المدخل فى مرتبة واحدة .

أما الحقائق المادية المناهضة لرأى بروكتور فهى فى نظرى قاطعة جازمة . لقد بنى الهرم الأكبر خلال حكم خوفو الذى يسميه هيرودوت المؤرخ كيوبس . وقد وجد اسم خوفو مكتوبا بالمغرة الحمراء red ochre ، وهى نوع من الطين ، على كتل الحجر الجيرى الموجودة فى الحجرات التى فوق مخدع الملك . وقد ظلت هذه النقوش مدفونة فى البناء ٥٠٠٠ سنة تقريبا ، الى أن استكشفها الكولونيل هوارد فايس منذ نحو ١٠٠ سنة وقد أرخت الكتل فى السنة السابعة عشر من حكم خوفو ، ثم وضعت هذه الكتل فى مرتفع فى الهرم يحجب تماما خطوط النظر الفلكية التى يتطلبها رأى بروكتور حتى اذا كان المخدع بنى مؤقتا فوق

المدماك الخمسين من البناء .

وزيادة على ذلك فان خفرع ، الذى ولى خوفو ، ابتنى هرما يكاد يعدل الهرم الاكبر فى الضخامة . فلا يمكن ابدا أن نتصور أن خفرع هذا قد اتم بناء سلفه الناقص بصنعة أحسن وأدق من تلك التى اتبعت فى بناء هرمه هو . وانى لا أستطيع أن اجد ، الا فى المثل وما اكثرها ، سابقة فى التاريخ المصرى القديم يغتصب فيها الابناء اعمال آبائهم التى لم تتم فيتموها كأنها منهم ولهم خاصة .



شكل (٨) الحجرات العليا فى الهرم الأكبر وفى الشكل بيان لما تم من العمل فى السنين السادسة عشر والسابعة عشر والثامنة عشر من سنى الحكم

والعلامات الموجودة فوق الكتل الحجرية للمخادع شيقة هامة لأنها تدل على الخطوط الرأسية والافقية المحددة للبناء . وهذه تشتمل على البروز الرأسية لخطوط جدران مخدع الملك ، وعلى خطوط المنسوب الموازية لسطوح ادخال الروافد (الكمرات) المسقفة . ويظهر فى هذه العلامات أيضا بعض خطوط رأسية مساعدة . وتدل الاعداد المرقومة على جانب أى خط خاص على عدد الاذرع التى تقاس ، على الجانب المشار اليه ، ابتداء من الخط الخاص الى خط عمل آخر يُرقم أو الى فرش أو وجه بنائى خاص .

على ان المهم فى كل هذا هو أن هذه العلامات تبرهن على ان مخادع البناء تلك قد بنيت خلال حكم الملك خوفو ، فى سنته السابعة عشر أو مابعدها ، وعلى ذلك يكون رأى بروكتور الخاص بالدهليز الكبير قد نقض .

والتفسير المرضى الوحيد للدهليز الكبير الذى أقره علماء الآثار المصرية هو ذلك التفسير الذى قدمه مرشام أدمز Marsham Adams أحد افذاذ علماء اكسفورد . فقد كان يطالع فى باب « الاصول » من كتاب « الموتى » المصرى فأدرك أن العبارة تشير الى بناء فذ والى مافيه من ممار ومخادع . ولاحظ أن الممار والمخادع كما وصفها الكتاب تضاهى فى التسلسل والوصف تلك الموجودة فى هرم الجيزة الأكبر ، وان البحث الأدبى الخاص بـ « القبر المفتوح » قد وجد الجزء البنائى المتمم له فى ذلك الناووس الذى لاغطاء له الموجود فى مخدع الملك . وقد وافق سيرجستون ماسبيرو ، مدير الآثار فى مصر ، على هذا الحل النظرى الحدسى للغز بناء الهرم الاكبر حيث قال « ان الاهرام وكتاب الموتى يعيدان لنا من جديد نفس البناء الاصلى ، احدهما بالكلام والثانى بالحجارة »

وهذا يفسر لنا ما حدا بهيرودوت المؤرخ القديم أن يقول عن الكهنة المصريين بأنهم قالوا ان خوفو لم يدفن فى الهرم الكبير ، وأن الهرم لم يكن فى الأصل قبرا كما يبدو من الطور التجريبى لبناء الهرم . ولم يدفن زوسر Zoser بانى الهرم الأول فيه ، بل دفن فى قبر فى بيت خلاف ، وان صنفرو ابتنى هرمين فى حين أن واحدا منهما كان يكفى لان يدفن فيه .

والظاهر أن رأى مرشام أدمز هذا قد تأيد تأييدا قاطعا عن طريق خواص الهرم الاكبر التى ذكرناها . وأما البحث الذى يشير اليه هو وماسبيرو فينتهى الى طقوس أقدم عيد فى العالم — وهو الذى كان يقام ولا يزال يقام فى أول نوفمبر . فكانت السنة المصرية القديمة تنتهى بليل عيد جميع القديسين ، وكانت سنتهم الزراعية الجديدة تبدأ بعيد البذر فى أول نوفمبر . ففى ظهر ذلك اليوم تحدد انعكاسات

وجهى الهرم الأكبر الشرقى والغربى ، بوساطة سطحى انعكاسهما الرأسيين وامتداد هذين السطحين ، الربع الدائرى لدلتا النيل (باعتبار موقع الهرم مركزا للدائرة) وهى التى تشتمل على الأرض المنزرعة كلها فى الوجه البحرى .

وعلى ذلك فحجتى هى أن الوظائف الخارجية والداخلية للبناء ثبت أنها مترابطة . ولازلت احتج بأن هذا الترابط يعلل تعليلا مرضيا مسألة أن نظام الممر العلوى قد وضع تصميمه لكى يخلد رسم هذا الترابط وتصوير هذه الصلة ، وكذلك يعلل اغلاقه باحكام واخفاء مدخله لتحقيق ذلك التخليد . واخال أنى تكلمت كثيرا بخصوص توضيح أن الغرض من داخل الهرم الأكبر خليق بالعبقرية التى ظهرت فى تصميم مقاصده البنائية و بدقة صنعته الفائقة .

ولعدةٍ من تفصيلات البناء فى مجموعة الممرات العلوية علاقة هامة بمسألة المبادىء العامة للتصميم البنائى . وهذا واضح على الأخص فى حالة الدهليز الكبير وتفاصيله . فان الغرض من هذه التفاصيل يلمح من نظرة واحدة ، كما فى حالة تعشيق الكتل المسقفة للدهليز فى الجدران الجانبية . فالصيغة الاخيرة للبناء قد اختيرت ، كما يبدو ، لتساعد فى ضم السقف والجدران معا لمقاومة الدفع خلال منحدر الممر . ومن المهم فى هذا الصدد أن نعرف أن جميع وصلات الجدران الجانبية للدهليز عمودية على الأرضية .

أما التفصيلات الأخرى فليس لها مثل هذا التفسير الظاهر . على أنه يوجد تفسير من هذا النوع للحجارة الموجودة فى جدران الدهليز الجانبية . فكل حجر معشق فى احدى الجدران له مقابل مثله معشق فى الجدار الآخر .

وقد يصح تفسير تلك الحجارة المعشقة تفسيرا ملائما بأنها النهايات المنشورة لقطع من حجر صُممت لتحفظ الكتل القاعدية للجدران الجانبية مفصولة بعضها عن بعض المسافات الصحيحة خلال عملية البناء . وتمثل هذه القطع الحجرية المتتابعة مظهر عوارض السلم الخشبى مرتكزة على المنزلقات ramps الجانبية . وهذه العوارض

لا بد أن تسفن to be wedged فى مواضعها فوق المنزلقات قبل أن توضع الكتل القاعدية المتعاقبة للجدران الجانبية فى أماكنها ، مادامت هذه الكتل قد فرشت متدرجة فوق المنزلقات . وهـذا يفسر لنا الثقوب فى المنزلقات بأنها كتلك الثقوب التى تعمل لوضع العوارض فى ثقوبها بالاسفين ، والجوانب الخارجية فى ثقوب المنزلقات بأنها خط البناء اللازم للكتل القاعدية للجدران الجانبية .

أما المساحات الضيقة الغائرة فى سطوح الجدران وفى الحجارة المعشقة فى هذه الجدران ، والتى تتراوح أعماق غورها من ٣/٥ بوصه الى بوصه واحدة ، فتبدو كأنها مكسورة . والظاهر أنها عملت فى المداخل المكسورة الجوانب لأجل النقب والنحت ، ومن ثم للنقب والحفر فى المقطع السفلى للعوارض فى مقابلة الجدران الجانبية . وذلك قصد ازالة هذه العوارض بعد تأديتها وظيفتها الوقتية .

والآن اذا كان من الضرورى حفظ الكتل القاعدية للجدران الجانبية معزولة خلال عملية البناء ، فما لا يقل عن ذلك ضرورة حفظ المنزلقات الجانبية الأخف معزولة أيضا أثناء الوقت الذى خلاله توضع الكتل القاعدية للجدران متدرجة فوق المنزلقات . وهذا يدل على الحاجة لهذه الكتل المؤقتة الأقل عرضا من المسافة التى بين الوجهين المتقابلين للمنزلقين الجانبيين ، ولكنها سُفنت بين هذين المنزلقين عند المسافة المقصودة بينهما . على أن هذه الكتل يمكن بالطبع منعها من الانزلاق بوساطة العوارض القاطعة الممتدة بين منزلق وآخر ، ويمكن من ثم تعيين أطوال هذه الكتل بقياس المسافة الموجودة بين عارضين قاطعين .

ومن مسافات ثقوب المنزلقين التى عينها الاستاذ بيازى سميث Piazzi Smyth بدقة أعددت رسماً يدل على حجم كل كتلة وعلى عدد هذه الكتل . ومن هذا الرسم وجدت ان العوارض القاطعة قد صممت بحيث تحفظ الكتل متباعدة بعضها عن بعض فوق منحدر الأرضية بمسافات قدر الواحدة منها ذراع مصرية أى ٦٣ و ٢٠ من البوصات ، وأن الكتل تتراوح فى الطول بين نهاية

عظمى قدرها ½ ٢ من الأذرع ونهاية صغرى قدرها ذراعان . وهذا يؤيد ، لأى مهندس من مهندسى البنايات له معرفة بأعمال المصريين القدماء فى الحجارة ، أن الكتل وضعت كما افترضت . أما الكتلتان السفليتان فلا بد أن تكونا قد تهيأتا بحيث يمكن ازاحتهما لتسمحا بامتداد العمل الى مخدع الملكة خلال عملية البناء والانشاء . ومن ثم نجد أن اللوحة الحجرية (البلاطة) المسقفة التى تغطى الفتحة المؤدية الى مخدع الملكة قد صممت أيضا بحيث تكون قابلة للتحرك الى ما يقرب من نصف طولها . وقد أيدت ذلك تفاصيل البناء الحالية .

ويتطلب التصميم الكامل للأعمال الوقتية المذكورة أرضية مؤقتة أيضاً من البلاط تمتد فوق الكتل وفوق العوارض ، على ان يكون عمق البلاط كافياً لمنع الأنقاض أثناء البناء من التدحرج فى الممر الصاعد الأول . ويدل الترتيب الظاهر على أن كتل ما بين المنزلقين قد تركت لتنزلق فيما بعد هابطة الى الممر الصاعد الأول . وهنا يظهر آخر اختبار لرأيى . فالكتل الظاهرة محكمة الوضع تماماً بين العوارض القاطعة . ومن ثم فهى متواصلة من النهاية السفلى للدهليز الكبير الى وجه الدرجة السلمية الكبرى . وهذه الكتل اذا أطلقت فانها تملأ ما طوله ١٠٥ من الاقدام و٩ بوصات من الممر الصاعد الأول . وهذا الطول هو المسافة الممكن الحصول عليها من الممر الصاعد الاول فوق النهاية الأصلية للسدود الجرانيتية على حسب مقاسات سير فلندرز بترى .

ويفسر انزلاق الكتل هابطة الى مقرها الأخير فى الممر الصاعد الاول وجود تلك الخدوش المخططة المنقطة على الجانبين الرأسيين للمنزلقين . ويلاحظ أن هذه الخدوش موازية للارضية ، بل أنه يفسر أيضا روايات العرب بخصوص ما أجراه عمال الخليفة المأمون ، الذين نقبوا الهرم فى محاذاة السدود الجرانيتية . وتقول هذه الروايات ان العمال العرب اضطروا ، فيما فوق السدود الجرانيتية ، الى قطع ما لا يحصى عدده من كتل الحجر الجيرى الواحدة بعد الأخرى . وان هذه الكتل

كانت تنزلق هابطة واحدة تلو اخرى .

وقد أعطانا بترى موضع النهاية العليا الأصلية للسدود الجرانيتية مستخلصا ذلك من قطع الجرانيت المتفتتة التى لاتزال لاصقة بالأرضية وبالجدران . فاذا عملنا رسما تخطيطيا لموضع هذه النهاية المربعة للسدود الجرانيتيه لاتضح لنا أن عملية كسر كتلة من الحجر الجيرى مربعة الحافة تسندها من الخلف كتل متراخية مربعة الحافة أيضاً ، تستلزم من جانب عمال الخليفة المأمون أن يقطعوا جزءاً مائلا من نهاية الكتلة الجرانيتية الثابتة لكى « يتحرر المفتاح » وهذا يفسر لنا لماذا كسرت النهاية العليا للسد الجرانيتى على هذا النمط .

إخال اننا كلنا متفقون على أن هـذا التفسير المفصل الذى قدمته يتم على شكل مرض مقنع حالة إغلاق الممر الصاعد الأول إغلاقاً تاماً فعالا .

لم يبق بعدئذ الا أمران خاصان بالدهليز الكبير ليسا مرتبطين فقط بمسألة الاغلاق هذه ، بل مرتبطين أيضاً بالقاعدة الرئيسية فى التصميم البنائى للهرم الأكبر وهذان الأمران هما فتحتا الطريقين الاضافيين المنقو بين بعد الانتهاء من بنـاء الهرم للبحث عن التأثيرات الداخلية لهبوط حدث . وقد عملت هاتان الفتحتان بدقة وعناية لكى يجتنب إغلاق أى الوجوه أو الأبعاد الجوهرية للدهليز الكبير . وعند النهاية السفلى للدهليز قد أزيح جزء قصير من المنزلق الجانبى الموجود فى الجهة الغربيـة بالقوة فى الدهليز بسبب نقب آت صعداً من الممر الهابط . وقد اختير الموضع الذى أزيح من مقطع المنزلق بعيداً عن أول الدهليز الكبير لكى يتجنب بذلك أى تلف يحدث فى الجدار الشمالى للدهليز . وبالمثل نقبت الفتحة الموجودة فى النهاية العليـا للدهليز عند آخر سقف الدهليز وتحته مباشرة ، وإنما فى الجدار الجنوبى . ويؤدى هـذا المنفذ أو السرداب إلى أسفل حجرة من الحجرات التى توجد فوق مخدع الملك ، وهو فى سبيل النقب للوصول إلى هنـاك يعمل الفتتين كل لفتة منهما تساوى زاوية قائمة . وكان يمكن عمل نقب مستقيم من قمة

النهاية العليـا لجدار الدهليز ، إذ أن ذلك أبسط وأسهل ، ولـكنه كان من جهة أخرى يتلف البناء من ناحية نهاية السقف .

وأما النهاية السفلى للمنفذ المنقوب ، والتي هى المدخل الأصلى للمنفذ ، فعميقة فى الممر الهابط . وقد حُفرت من هذا الممر ، بعد بناء الهرم ، لا من داخل الهرم هابطة إلى الممر الهابط أثناء بناء الهرم . وهذا واضح من مظهر كل من النهايتين السفلى والعليا لذلك المنفذ أو السرداب المنشأ جبراً . وابتـداء من النهاية السفلى للممر نجد أن الجزء الأول المحفور يهبط نازلا من جانب هذا الممر بالـكيفية الصحيحة التى يتبعها الحفار العادى الذى ترك وشأنه فى اتباع طريقته الميكانيكية الخاصة به . وبعدئذ نرى أين عيَّن الحفار لنفسه اتجاه الحفر والنقب ، وإلى أى مدى اتبع صعداً هذا المنحدر القليل الميل على الاتجاه الرأسى قبل أن يصحح اتجاهه (أنظر شكل ٦)

ويوجد شقان كبيران مارين بالممر الهابط فى الصخرة الطبيعية — وهذان كانا موجودين أثنـاء عملية بناء الهرم وقد سُدا عند تقاطعهما بالممر — وهما يفسران لنا لماذا أخذ المنفذ المحفور طريقه ، ولماذا بُدئ به على هـذا العمق الـكبير فى الممر الهابط وفى الصخرة الطبيعية التى بنى الهرم فوقها ، وظاهر أن هذا المنفذ أو السرداب بدئ فيه ثم أخذ هذه الاتجاهات ليؤكد تأثيرات الهبوط فى الشقين الممتدين إلى أعلى الصخرة . فلما تحققت هذه التأثيرات وُجه هـذا المنفذ رأسياً صعداً إلى كهف طبيعى معروف فى الصخرة ، وهذا الـكهف كان ظاهراً معروفاً عند ما أعدت أساسات الهرم . ثم كسى هـذا الـكهف بالحجارة لـكى يكون طريقاً خفيا للعمال ، ومكاناً متوسطاً لوضع آلاتهم . ويحتمل أن يكون العمال اتخذوه مكاناً لتناول الغذاء . ومن الـكهف يمتد السرداب فى اتجاه مائل خلال مبانى الهرم إلى الموضع المطلوب الواقع رأسياً أسفل المدخل المقصود للدهليز الـكبير . وعندئذ قطع الجزء الرأسى الأخير من السرداب للوصول خلف المنزلق

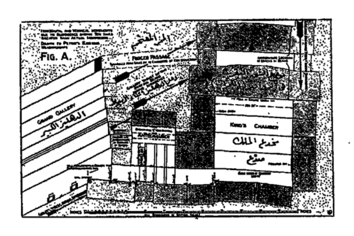
من الجانب الغربى للدهليز عند نهايته السفلى .

ولما وصل العمال الى خاف المنزلق فتحوا نفقاً أفقياً قصيراً تحته ، ومنه اقتطعوا جزءاً من المنزلق ودفعوا بأجزائه الى الدهليز الكبير . ومن شكل السطوح المكسورة يتضح جلياً أن حجر المنزلق قد دفع به من هذا النفق الأفقى إلى الدهليز .

يدل تسلسل العمليات المذكورة على أنه كان لدى المهيمنين على عمليات الحفر رسوم مضبوطة للهرم الأكبر ، وعلى أن طرائقهم فى وضع خطوط الاتجاه لكى يصلوا بالضبط إلى غرضهم المحدود كانت طرائق لا يوجد فى وقتنا الحاضر أحسن منها . وظاهر أن هذا العمل قد تم خلال الفترة الزمنية التى تزيد قليلا عن ثلاثة قرون ، والتى تفصل ما بين الزمن الذى تم فيه بناء الهرم والزمن الذى غزا السوريون فيه مصر . وهذا يجعل تاريخ حدوث الهبوط العظيم الأول داخلا فى هذه الفترة وتدل حقائق أخرى على أنه لم يحدث منذ ذلك الوقت تحريفات أخرى أعظم من تلك التى ظهرت للمفتشين فى ذلك العصر بسبب ذلك الهبوط مع أن الزمن الذى مضى يبلغ نحو ٤٥٠٠ سنة .

وإذ تم هذا المنفذ المقتحم إلى الدهليز الكبير كما ذكرت فحص مخدع الملك فدل الفحص على أنه عانى أسوأ حالات الانفعال والتحريف . وأنه سيعانيها إذا ما فتحت المجارى الهوائيــة الموجودة فى المخدع ونستطيع أن نرى أن ثمت خطراً عظيما كان يخشى منه على روافد (كمرات) السقف وعلى الحجرات التى تعلو مخدع الملك ، لأن هــذا المنفذ العلوى المقتحم إنما عمل لفحص هذا الخطر وحده ودرسه لا لأى غرض آخر كما هو واضح . وقد غطيت الفتحات الموجودة بين وصــلات البناء بالملاط ، بل ان واحداً من روافد السقف المشقوقة فى مخدع الملك قد سد شقه بالملاط المبسوط فوقه . وجلى أن هــذا كان لاستقصاء أية فتحة أخرى للوصلات أو أى امتداد للشق . ولم يمتد المدخل المقتحم فوق سفلى الحجرات فى البناء . ومن

هدا نستنتج أن الفحص الذى تم إلى هنا على أيدى مفتشى البناء قد أقنعهم أنه ليس هنـاك ثمت خطر مباشر يخشى منه . على أن سفلى حجرات البناء قد اقتحمت بعد ذلك بما يزيد على أربعة آلاف سـنة ، فوجدت بنفس الحالة التى تركها لنـا المفتشون الأقدمون . ويحتمل ، بل من المرجح كثيراً ، أن تكون الشقوق الموجودة الآن فى الروافد المسقفة ، والتى لم تكس بالملاط ، شقوقاً تكونت بعد هذا التفتيش القديم . على أن جميع روافد السقف فى مخدع الملك مشقوقة الآن على طول نهاياتها الجنوبية . وسواء كانت هذه الشقوق قد تكونت قديماً أو حديثاً فانها جميعها نتيجة الهبوط الأصلى الذى شق الرافد الأول فى السقف ، ذلك الرافد الذى كسى بالملاط عند الكشف عليه .



شكل (٩) التحريف الحادث فى مخدع الملك والمخدع المجاور بسبب الهبوط

ويرينا الشكل الخاص بالتحريف الناشىء عن الهبوط الحادث فى مخدع الملك وفى المخدع المؤدى له ، التحريفات مكبرة عشر مرات . وقد أعد هذا الشكل بناء على أقيسة بترى ومناسيبه الدقيقة . ويجب أن يدرس هذا الشكل مع صور الشكل الذى يليه . فمنها مجتمعة يتضح أن حركة اهتزاز أفقية قد أصابت مخدع الملك فصدمته صدمة سببت تهشيمه فدفعت به إلى المخدع المؤدى له والى الدهليز الكبير . ولكن ذلك قووم لا بوساطة القصور الذاتى لمداميك البناء الأفقية

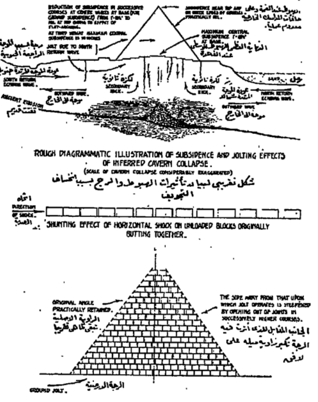
المجاورة لهذا المخدع وللدهليز الكبير فقط بل بوساطة الدفع المائل للدهليز . ويتضح من شكل التحريف أن تأثير هذا الدفع هو الذى حول الروافد المسقفة لمخدع الملك فى الحال الى روافد مقلوبة مثبتة من طرف واحد cantilever بعد أن شققها كما هو ظاهر فى الرسم . وتدل النتيجة — مهما توقعنا من تفاصيل بناء الهرم الأخرى — على أن التفاصيل البنائية فى الدهليز الكبير وحوله من حيث الجرم الكبير اليابس الذى اتحدت فيه اليبوسة بالمرونة أكبر حتى مما يصح أن نتوقعه من تفاصيل البناء الداخلية للدهليز نفسه .

أما الحجرات العليا (فوق مخدع الملك) ، التى لم يقتحمها المفتشون الأقدمون فقد اقتحمها لأول مرة الكولونيل هوارد فايس بصحبة مهندسه المدنى مستر برنج Perring منذ ٩٢ سنة . وقد علق بترى تعليقاً شيقاً على الطرائق الفنية القديمة لهؤلاء العمال الأقدمين فى ميدان الآثار المصرية ، وقد أشار بترى اليهم فى تعليقه بأنهم « أولئك النسافون النفاخون النشطاء . »

على أن التفصيلات التى كشف عنها مدخل فايس المقتحم قد بررت كل « ذلك النسف والنفخ النشطين » هنا وفى كل مكان آخر . وتدل هذه التفصيلات بوضوح على أن واضعى تصميم الهرم الأكبر توقعوا ذلك الهبوط العظيم الذى حدث فى الطبقة التى تحت الصخرة الطبيعية القائم عليها الهرم ، فوضعوا تصميم الحجرات بهذا الشكل لكى تكون كسلسلة من أجهزة التصادم buffers بين كتلة الهرم المطروحة وبين روافد السقف فى مخدع الملك ، أثناء حركة الهبوط المتوقع . وعلى ذلك فعلى الرغم من أن جميع روافد السقوف فى الحجرات من الجرانيت ، فان أعلى الروافد السقفية المائلة من الحجر الجيرى ، وليست فى الأصل موضوعة ناتئة فى أماكن متقاربة بل وضعت كروافد مستقلة لتستقبل صدمة الهبوط الأولى لتلك الكتلة المبنية الراكزة ، أولا على اعتبار أنها روافد مثبتة أطرافها ، ثم بعدئذ على اعتبار أنها كتل مسقفة ناتئة . وبالمثل فان الكتل الحاملة

الموجودة فى الحجرتين العاليتين من الحجر الجيرى ، مع أن الكتل الحاملة الموجودة بين الروافد المسقفة للحجرات الثلاثة السفلى من الجرانيت .

ومن ثم فبدلا من دلالة هذا على رداءة الصنعة — كما ظن بعض ذوى الرأى من علماء الآثار المصرية — فان الصنعة فى هذه الحجرات هى النتيجة اللازمة لجودة التصميم. وأن طريقة البناء الثابت المنتظم على الاطلاق مع انتظام دقة الصنعة كانت تكون خطرة . ويدل كل شىء على أنه كان معروفاً لدى القدماء أن هبوطاً كبيراً لابد حادث ، وأن الهرم الأكبر قد وضع تصميمه خصيصاً بحيث يقاوم ويحتمل تأثيرات هذا الهبوط الدهر كله .



شكل (١٠) لبيان سبب الهبوط فى الهرم الاكبر ولاظهار بعض تأثيراته

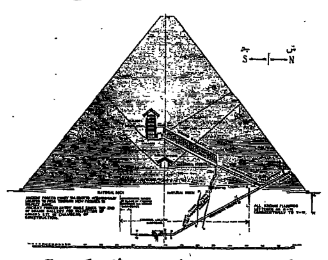
وكذلك يدل تصميم الهرم الأكبر فى الجملة وبناء الفلوق التى ظهرت فى قطع الممر الهابط على أن واضعى تصميم الهرم الأكبر كانوا يعرفون أن ثمت كهفاً -

هابطاً يوجد فى الطبقات التحتانية أسفل موقع الهرم . ولقد ذكرت نقلا عن بترى ذلك التوزيع الواسع المدى لتلك الكهوف الكائنة فى طبقات الحجر الجيرى التى تحد وادى النيل . ولذلك فالحقائق المادية تدل على أن أولى خطوات البناء المنطقية فى الهرم الأكبر هى قطع الممر الهابط ونحته فى الصخرة الطبيعية . وهذا القطع أظهر الفلوق . ويفسر استكشاف هذه الفلوق السبب فى دك الصخرة الطبيعية الكائنة أسفل بناء الهرم . وتدل الفروق على هبوط ممكن ، وهذا الهبوط يستلزم إقامة « عقد منبسط » فى بناية من ذات الحجر الواحد monolithic ، وهذا العقد يتطلب تكويناً نووياً لكى يتم تكوين وظيفته ، فكان الدك نواة العقد المنبسط .

ومعلوم أن الهبوط الكهفى هو دائماً نتيجة زلزلة صغيرة . والزلزلة الصغرى تنجم عن تفاعلات ثانوية كاندفاع النهايات الثابتة للطبقات المسقفة الى أعلى مثلا ، وهذه الطبقات هى التى تبقى بعد انخساف الكهف . وهذا الاندفاع أو الركل الى أعلى يبعث الى الخارج موجات متشععة . ويعود فعل هذه الموجات على شكل موجة مصدية echoing wave وأما إذا تدخلت فى الأمر تغييرات محلية عميقة فى المنسوب فان هنالك رجوعاً نهائيا لفضلة على سطح الموجة « المصدية » من الناحية التى يكون فيها التدخل على أقله . ففى حالة الهرم الأكبر اصطدمت هذه الفضلة عند منسوب التكوين من الجنوب كما فى الشكل . وتأثير هذا الفعل الثانوى أن يرج جميع مداميك الهرم متجمعة ويهزها ناحية الشمال . فيكون التأثير الناتج من ذلك أن الوجه الجنوبى للهرم لا يتغير تغييراً مادياً فى الزاوية ، فى حين أن الوجه الشمالى يزداد انحداره اقتراباً من الاتجاه الرأسى وذلك بوساطة نقص الكتلة الجاثمة من الجهة البعيده عن تلك التى عملت فيها الرجة أو الهزة أولا .

ويدل فحص الجرفين الشرقى والغربى على أن لهما زاويتى ميل واحدة تساوى كل منهما زاوية جرف الناحية الجنوبية . وهذا يبين أن انخساف الكهف قد كوّن سفيناً wedge هائلا من الفلوق أو الشقوق يمتد بالتقريب من الشرق الى

الغرب تحت الهرم . أما الانحرافات الداخلية الشمالية الجنوبية للهرم فتدل على أن المحور الأساسى لانخساف الكهف يجرى على وجه التقريب من الشرق الى الغرب وجنوبى مركز الهرم بقليل ، وأن المحور الأصغر للانخساف يمتد من الشمال الى الجنوب وغربى مركز الهرم بقليل . وتتحد هاتان الدلالتان مع اتجاهات التحريف الرأسية والأفقية التى تظهرها لنا على التوالى جدران مخدع الملك وأرضيته وسقفه .



شكل (١١) المقطع الرأسى للهرم الأكبر كما هو الآن
وفيه بيان للتحريف الحادث بسبب الهبوط العام

والآن نحن فى موقف يمكننا من درس تأثيرات الهبوط فى الهرم الكبير بجملته . فقد أعددت شكل التحريف الهبوطى من الأقيسة الزاوية والمستقيمة التى أجراها بترى . ويدل هذا الشكل على التغييرات الحادثة بسبب هذا التحريف مكبرة عشر مرات . أما المعلومات الاحصائية التى بنى الشكل على أساسها فقد رتبت فى جداول ونوقشت بالتفصيل فى كتابى الخاص بالهرم الأكبر . ويرينا الشكل كيف أن الفضاء الحادث بسبب الرجة بين المداميك من الجنوب الى الشمال قد زاد من ميل منحدر الجرف فى الناحية الشمالية على الأفق .

ويوضح الشكل أيضاً كيف أن ميل مداميك القلب قد زاد فى زاوية الهبوط لممر المدخل وفرطح زاوية الممرات الصاعدة . وهذا التفرطح فى الزاوية

الأخيرة يقل بالتدريج صوب مركز الانحراف ، بسبب أن الانحراف المركزى يقل بانتظام المداميك المتعاقبة ابتداء من القاعدة فما فوق . فاذا محونا كل التغييرات الناجمة عن الانحراف المتزايد فى الممرات داخل البناء — و بعبارة أخرى اذا نحن قوّمنا كل الالتواءات أو التحريفات لوجدنا أن كلا من مجموعتى الممرين الهابط والصاعد قد بنيت على زاوية ميل واحدة لكل منهما .

وهناك نتيجة أخرى لمحو هذه التغييرات . وهى أن قاعدة جدران مخدع الملك وقاعدة المخدع المؤدى له قد ثبت انهما وضعتا فوق رأس المدماك الخمسين فى البناء ، وأن كتل سقف المخدع المؤدى لمخدع الملك فوق قمة المدماك السادس والخمسين ، وأن كتل سقف مخدع الملك فوق قمة المدماك التاسع والخمسين ، وأن أعلى مدماك لجميع جدران مخدع الملكة — وهو الذى يكوّن قمة الجدارين الشمالى والجنوبى لهذا المخدع — فى منسوب قمة المدماك الثلاثين من المداميك القلبية فى الهرم .

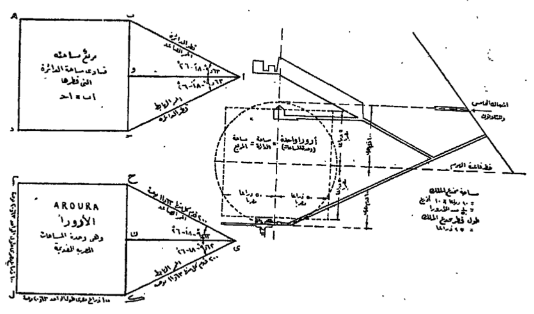
وتسفر العلاقات الهندسية والمترولوجية (المتعلقة بالمقاييس والأوزان) المستنتجة من زاوية الممر المجدَّدة ، عن أعظم فوز مباشر نجم عن هذا التحديد . فأشكال هذه العلاقات تدل على أن المسافة المنحدرة لأى قدر رأسى خاص من أقدار الانفراج بين الممرين الهابط والصاعد تُظهر :

أولا — العلاقة بين قطر أى دائرة معلومة وضلع المربع الذى مساحته تساوى مساحة هذه الدائرة .

ثانياً — العلاقة بين وحدتين من وحدات القياس الطولية عند قدماء المصريين ، و بين وحدة من وحدات المساحة عندهم .

وكل هذا يتفق مع الخواص الهندسية لخارج الهرم ، و بذلك يتأكد كل ما نقلناه عن بترى وهو « أن الخواص الهندسية التى يجمعها الشكل المختار للهرم لا يمكن أن تكون وليدة الصدفة العارضة ، وهى تدل على تقدير عظيم و دراسة وافية لعلم الهندسة . فنسبة ارتفاع الهرم الى محيط القاعدة كنسبة نصف قطر الدائرة

الى محيطها . . . وتدل شتى المطابقات للمساحات والسطوح فى أجزاء أخرى من الهرم على مثل هذه الآراء . »



شكل (١٢) العلاقات الهندسية والمترولوجية لداخل الهرم

ومع هذا فان ذلك التجديد أو الاعادة للأصل يرينا شيئاً آخر جديداً ، وهو العلاقة الهندسية بين طرق القياس المختلفة عند قدماء المصريين . وهناك عدا ذلك نتيجة أخرى للتجديد ظاهرة فى الرسم ، وهى تدل على أن الوحدات المترولوجية نفسها ومشتقاتها أيضاً خُلدت بوساطة المقطع الرأسى لمخدع الملكة ، والمخدع الكائن تحت الأرض ، ولنهاية الممر الهابط .

والآن بدأنا نرى لماذا عملت كل تلك الأعمال التجريبية السابقة بخصوص بناء الهرم . بل بدأنا نتحقق أن الهرم الأكبر قد بنى لتخليد شيء آخر غير مجرد اسم الملك الذى بناه . وقد بدأنا نفهم أنه ليس مثلا فذا من مثل هندسة البنايات فى العالم فحسب ، وانما هو قد بنى ليبقى الدهر كله قائماً حتى يتاح للناس أن يفهموا ويقدروا هذه الحقائق وغيرها مما هو مكنوز مدخر فى بنائه . وأن به لكثيرا مما يصح أن نتعلمه ، وما ذلك الذى جئت على خلاصته فى هذه الرسالة إلا أقل

عناصره أهمية فى مجال الثقافة والتعليم.

وقبل أن أختم رسالتى أرانى ملزما بالأشارة باختصار إلى مسألة هامة . وهذه المسألة تتعلق بالعنصر الزمنى من جهة تطبيقه على نشوء قواعد تصميم الهرم ، ومن حيث تطبيقه على بناء الهرم الاكبر بالفعل . ويلاحظ أننى كنت حريصاً فى إعطاء التواريخ بالتقريب مقدرة بعدد صريح من ألوف السنين ، أو إلى أقرب نصف ألف . ولايمكن لأية مدرسة لتاريخ الآثار المصرية القديمة – ماعدا مدرسة سيرفلندرز بترى — أن تنقض أى تحديد للتواريخ أو الأزمنة التى ذكرتها . على أن علماء الآثار المصرية فى أوروبا وأمريكا يذكرون — كما توقع بترى — تواريخ تتراوح بين الحدود المرنة للتواريخ والأزمنة التى أعطيتها . وأن تواريخ بترى التى حدد بها الأسر الستة الأولى المصرية المالكة تسبق التواريخ التى يعطيها أى عالم حجة فى أيامنا هذه بما يقدر من ١٥٠٠ إلى ٢٠٠٠ سنة . وقد دعانى إلى ذكر مسألة التاريخ هذه باختصار أن كل حججى البنائية تتوقف على مدى التواريخ والأزمنة التى ذكرتها .

الرسالة الثانية

عمليـــات الهرم البنائيـــة

تنظيم قدرة الانسان فى عصر الهـــرم

فى رسالة لى عنوانها « المقاصد البنائيـة فى الهرم الأكبر » كنت تلوتها فى فرع يوركشير لمعهد مهندسى البنايات فى مدينة ليدز فى السابع من فبراير سـنة ١٩٢٩ ، بحثت مسألة الهرم الأكبر وانشائه من وجهة المهندس واضع التصميم للبناء . وقد نشرت هذه الرسالة فى عددى يوليه وأغسطس سنة ١٩٢٩ من مجلة « مهندس البنايات » أما البحث الحالى فهو محاولة تقصيت فيها المسائل الأكثر تعقيدا الخاصة بنظام عمل بناة الهرم من حيث قطع الحجارة وتهيئتها ثم رفعها ونقلها . وانى فى هذا الصدد لاأتقدم بمطلب مذهبى بالنسبة لأن البحوث الهندسية السابقة قد أخفقت فى الوصول الى نتائج مرضية . ولكن تقدمى مع ذلك للبحث هو لأن بعض حقائق مادية ذات أهمية جوهرية قد ظهرت فى الوجود بعد ما أجرى من البحوث السابقة ، وانى أدير مناقشتى للمسألة اليوم فى ضوء هذه الحقائق الأكثر جدّة . وما دامت هذه الحقائق الأحدث عهدا تتعلق غالبا بالعنصر الزمنى الخاص بمسألة بناء الهرم وعملياتها ، واذ كان الزمن الجوهر لأى تسلسل منظم لعمليات البناء ، فانى سأناقش أولا هذا العنصر الاساسى فى بحثنا الحالى .

الاساس الزمنى للبحوث السابقة

بنيت أهرام الجيزة الثلاثة الرئيسية خلال عهود حكم ثلاثة الملوك الأول من الأسرة الرابعة المصرية . وهم المعروفون على التوالى بالملوك خوفو وخفرع ومنقرع .

وخوفو هو الذى سماه هيرودوت المؤرخ القديم باسم كيو بس ، وقد بنى الهرم الأكبر فى عهده ويشتمل من المبانى على مايقرب حجمه من ٨٥ مليونا من الأقدام المكعبة . و بنى خفرع الهرم الثانى ويشتمل على ما يقرب من ٧٨ ½ من ملايين الأقدام المكعبة . أما الهرم الثالث فقد بناه منقرع وهو أصغر كثيرا من هرمى سلفيه.

ويقول الراهب المصرى مانيتو Manetho فيما كتبه فى القرن الثالث قبل الميلاد ، بأن مدد حكم الملوك بناة الأهرام أولئك كانت طويلة جدا — فهى على التوالى ٦٣ سنة و ٦٦ سنة و ٦٣ سنة للملوك خوفو وخفرع ومنقرع . ويقول هيرودوت ، الذى زار مصر فى القرن الخامس قبل الميلاد ، ان المصريين قدروا حكم خوفو بخمسين سنة وحكم خفرع بست وخمسين سنة . ويقول أيضاً ان الأعمال التمهيدية للهرم الأكبر — من تنظيم سبل النقل ، وتمهيد المكان واعداده ، ونقب ما أريد نقبه تحت أرض الهرم — استغرقت ١٠ سنين ، وأن البناء نفسه استغرق ٢٠ سنة أخرى .

وظل تحديد مانيتو لمدد الحكم الطويلة تلك ، هو وما ذكره هيرودوت خاصا عن الهرم الأكبر من أن عمليات التمهيد والبناء قد استغرقت ٣٠ عاما ، مقبولا الى عهد غير بعيد . وقد وضع بترى الرأى الأقدم فى جوف بندقة مغلقة حين قال «ان الاقتراح الخاص بانقاص مدة حكم الملوك بناة الأهرام يتضمن مسألة أعوص هى بناء الأهرام فى مدة أقصر . » وهذا الاقتراح الذى يشير اليه بترى قد قدمه عدد من أعلام علماء الآثار المصرية خلال ما يزيد عن ٣٠ عاما . وهو يقول ان المدونات المتعاقبة عن فترة بناء الأهرام والمستندات الكتابية ، قبل مانيتو بنحو ألف سنة ، متفقة فى بيان أن المدد التى قضاها خوفو وخفرع ومنقرع فى الحكم هى بين ٦٠ و ٧٠ سنة مجتمعة ، أو ما يقرب من ثلث المدة التى قال بها مانيتو .

وقراءة هذه الحقائق من المدونات المعاصرة ومن المصادر والأسانيد المكتوبة القديمة قد تحققت من المدونات الموجودة فى القبرين اللذين استكشفتهما حديثا

بعثة بوستن – هرفارد Boston-Harvard تحت رياسة الدكتور ريزنر Reisner وتدل هذه المدونات على أن خمسة أنسال من أسرة الملكه هتب هيريس Hetep-heres تمتد من ابنها خوفو أحد ملوك الأسرة الرابعة الى حكم يسيرنرا Userenra فى الاسرة الخامسة . ويحدد مانيتو هذه الفترة بـ ٣٨٧ سنة او ٧٧ سنة لكل نسل من أسرة هتب هيريس . على أن النقوش والكتابات المعاصرة لزمن الأهرام اذا ربط بينها و بين مدد الحكم المذكورة فى أقدم الأسانيد تعطى خمسة أجيال أو أنسال كل منها ٢٣ سنة بين ذينك الحكمين بما فيه الحكمان نفساهما . ولكن بترى قال بخصوص الانسال المعروفة من الأسرات الملكية أن « انسال ٢٢ سنة لأكبر الابناء سنا الذين على قيد الحياة (والذين أظهرهم ملوكُ اليهود) تتفق بالضبط مع التاريخ (المصرى) المعروف . »

وفضلا عن ذلك كله فانه معروف الآن أن صنفرو ، الذى سبق خوفو ، قد بنى هرمين شغلا معا من البناء ما حجمه ٨٨½ من ملايين الأقدام المكعبة — وهذا القدر يزيد عن حجم هرم خوفو الكبير بثلاثة ملايين ونصف مليون من الأقدام المكعبة . ومع ذلك فان ما نيتو يعطى لصنفرو ٢٦ سنة مقابل ٦٣ سنة أعطاها لخوفو . ومن ثم يوجد هنا تناقض فى المعلومات التى منها اشتق العنصر الزمنى للمباحث السابقة الخاصة ببناء الهرم . ولذلك يتضح أنه لا بد لنا أن نقبل بينات النقوش والكتابات المعاصرة وماسبقها من المدونات القديمة ، مهما صعب تطبيقها على الأساس الزمنى القديم المقبول المتعلق ببناء الهرم . والتى تتضمن كما قال بترى « المسألة الأعوص وهى بناء الأهرام فى مدة أقصر . »

الاساس الزمنى الجديد

ان المعلومات الاركيولوجية التى تحدد عنصر الزمن لمسألة بناء الهرم مذكورة بصيغة مربوطة متآلفة فى كتابى « مصر القديمة وبابليونيا وآسيا الوسطى » وهذه

المعلومات كلها مأخوذه من مدونات لأزمنة تسبق زمن ما نيتو من ١٠٠٠ إلى ٢٥٠٠ سنة ، وكلها تتفق فى تحديد عهد حكم صنفرو بـ ٢٤ سنة ، وخوفو بـ ٢٣ سنة . وهاتان المدتان هما فى الحقيقة المدتان الحقيقيتان لمدى حكم ملكين فى قائمة ملوك الأسرة التاسعة عشر ، وهى القائمة المعروفة بقائمة بردية تورين Turin Papyrus . وأن معدل بناء هرم صنفرو — ٨٨½ من ملايين الأقدام المكعبة فى فترة زمنية قدرها ٢٤ سنة — تتفق مع بناء خوفو الذى قدرة ٨٥ مليونا من الأقدام المكعبة فى فترة قدرها ٢٣ سنة ، وتعطى لبناء خفرع الذى حجمه ٧٨½ من ملايين الأقدام المكعبة زمنا قدره ٢١ سنة . غير أن مدة حكم خفرع قد طمست فى بردية تورين، ولكن عدة خطوط من كتابات أخرى عن زمن الهرم تتفق فى تقدير مدة الحكم بـ ٢١ سنة. وتعطى سلسلة من المعلومات مدة من السنين لمجموع مدد الحكم كلها ما عدا مدة حكم خفرع الذى يجب أن يكون ٢١ سنة لكى يتم حاصل جمع هذه المدد . وتعطى بردية تورين لحكم منقرع مدة قدرها ١٨ سنة . وهذه المدة أطول من المدة اللازمة لبناء هرم منقرع وهو الهرم الثالث من اهرام الجيزة ويبلغ حجمه ⅔ ٨ من ملايين الأقدام المكعبة . وإذن تبلغ عهود الحكم المتتالية الأربعة من صنفرو الى منقرع ، بما فيها حكم هذين الملكين ، ٨٦ سنة ، ويكون متوسط عهد الحكم الواحد ½ ٢١ من السنين . وهذا يدل على وجود الملكة مرتيتفس Mertitefs — زوجة صنفرو — على قيد الحياة زمن حكم الملك خفرع ، كما تدل عليه النقوش الموجودة فى قبرها . ومات الأمير سخمكرا Sekhemkara الذى تقلد الحكم بأمر خفرع ، فى مدة حكم ساهورا Sahura ثانى ملوك الأسرة الخامسة . فاذا نحن تتبعنا التوقيت السخيف الذى عمله مانيتو اتضح لنا أن سخمكرا هذا لابد أن يكون تقلد الحكم ١٥٠ سنة على الأقل، ولابد أن يكون عمره كذلك ١٧٠ سنة على الأقل . ومن النقوش المعاصرة يتضح أن هذا تقلد الحكم أكثر من ثلاثين سنة وأنه تجاوز الخمسين من عمره ،

والـكنه لم يعمر أكثر من ٧٢ سنة .

أما الحقائق الجوهرية لبحثنا فهى أن خوفو ، الذى فى عهده بدىء بنـاء الهرم الأكبر وانتهى ، حكم ٢٣ سـنة ، وأن معدل بناء الأهرام كان واحداً فى الثلاثة العهود المتتالية ، وهى عهد صنفرو وعهد خوفو وعهد خفرع . ومعنى هـذا أن ١٨ مليون طن من الحجارة قطعت من المحاجر ثم نقلت وأصلحت و بنيت فى ظرف ٦٨ سنة . وبحثنا خاص ببناء الهرم الأكبر — أى ما يقرب من سـتة ملايين طن فى ظرف ٢٣ سـنة . وقد خصص الجزء الأول من عهد خوفو ، كما هو ظاهر ، للأعمال الأولية التى يشير اليها هيرودوت ، إذ يقول أن هذه الأعمال استغرقت عشر سنين قبل البدء فى البناء الفعلى للهرم . وفى هذا الطور نفسه نجد تفسيراً لمدة البناء التى قدرها هيرودوت بعشرين سنة . ومعلوم أن شكل الرقم٢فى اللغة المصرية القديمة كانII ، وأن شكل العدد١٠ كان ∩ . و بالنسبة لتسلخ سطوح النقوش الأثرية ضاع الجزء العلوى من هـذه العلامات فصارت II ، وكنتيجة لهذا التسلخ أعتبرت العلامة II الموجودة فى النقوش التالفة كأنها ∩ . ومن ثم نشأ الخطأ ، ولا زال علماء العاديات المصرية مختلفين فى هـذا الصدد من حيث قراءة الأعداد الموجودة على النقوش الباليـة . وقد ظهر من نقش بال أن البناء الفعلى للهرم استغرق ١٢ عاماً أى II∩ . فقرئت هذه كأنها ∩∩ أى عشرين سنة . ومن ثم يتضح أن الأعمال الأولية استغرقت ١٠ سنين من حكم خوفو ، وأن بدء البناء وقع فى السنة الحادية عشرة واستمر البناء ١٢ سنة أى الى ابتداء السنة الأخيرة من حكمه أو السـنة الثالثة والعشرين . على أن مدوناً مؤرخاً وجد فى جزء مخبوء قصدا فى البنـاء فوق مخدع الملك فى الهرم الأكبر فأكد هذه النتائج كل التأكيد ، كما تدل عليه الاعتبارات التى سنجىء على ذكرها فيما بعد .

معادلة الطاقة الآدمية المبذولة

ان الوزن الكلى لكتلة الهرم الكبيرة الأصلية هو بالتقريب ٦ مليون طن ومجموع الطاقة الآدمية المبذوله (أو الشغل الحادث) فى رفع الهرم مدما كا فمدماك تساوى بالتقريب ١٠٠٠ مليون طن — قدم . فللحصول على منحن للمراحل المتعاقبة للطاقة الآدمية المبذولة ، قد اعتبرت الطاقة الكلية المبذولة فى رفع البناء كله واحداً صحيحاً ، واعتبرت الارتفاع التام واحدا صحيحاً أيضاً . (شكل ١٣) وإذن تكون معادلة المنحنى كما يأتى : —

نسبة الطاقة الآدمية الكليه المبذولة = ١ — ٣ ه^٢ + ٢ ه^٤ بفرض أن ه كسر من الارتفاع التام (المعتبر أنه واحد صحيح) ، وهذا الكسر هو الباقى دون بناء الى القمة .

وإذن يكون ١ — ه = من الارتفاع التام الكسر الذى تم بناؤه من الحجارة .

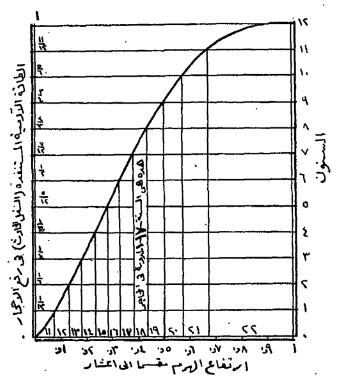
وعلى ذلك حينما يكون قد بنى من الهرم نصف ارتفاعه تكون ه = ½ وتكون الطاقة الكلية الآدمية المبذولة = ¾

وبالمثل اذا بنى من الهرم ⅓ ارتفاعه تكون ه = ⅔ وتكون الطاقة الكلية الآدمية المبذولة = ٠و٥٠٦ أو ½ تقريباً

فالأمران اللذان بينتهما المعادلة وهما ، أن نصف الشغل المبذول فى الرفع قد حدث عند ⅓ الإرتفاع ، وأن ¾ الشغل المبذول فى الرفع قد حدث عند ½ الارتفاع قد ألقيا ضوءا شديدا على كثير من الغرائب البنائية فى الهرم الأكبر .

وهنا أريد أن ألفت النظر الى صلاحية طريقة التحليل المتناسبة التى اتبعتها . فالحجارة إما أن تكون رفعت أو حملت الى أعلى الهرم و بعدئذ نقلت الى مقرها المختار ، وإما أن تكون قد جُرّت فوق منحدرات ، ثم فى اتجاه أفقى الى مقرها المختار .

وقد يكون للطريقتين نتائج مختلفة فى كمية الطاقة الآدمية المبذولة ، مقيسة بالطن — قدم ، ولكن حينما يكون معبراً بالوحدة فى كلتا الطريقتين عن الطاقة الكلية فان المراحل المتناسبة للطاقة السنوية المبذولة لا يمكن أن تتباين تبايناً محسوساً . وعلى ذلك نكون قد استبعدنا الموازنة بين مقاومة الاحتكاك فى الجر وبين مقاومة ضبط العضلات من جديد فى حمل الحجارة أثناء ما يبذل من مجهود فى رفعها الى أمكنتها العالية .



شكل (١٣) لبيان الطاقة الآدمية المستنفدة فى إقامة بناء الهرم الى المناسيب المتعاقبة

واذ رأينا أن العمل قد تم بنسبة واحدة ، أو معدل واحد ، فى الاهرام الأربعة المتعاقبه فى ثلاثة عهود متتالية ، فاننا نكون آمنين فى اختيار نفس المعدل المتواصل الثابت للعمل فى كل سنة تالية تكون عملية بناء هرم ما جارية خلالها مدما كا مدما كا . ومعنى هذا أنه خلال الاثنتى عشرة سنة التى انقضت فى بناء

الهرم الأكبر يكون نفس مقدار الشغل الحادث ، مقيسا بالطن — قدم ، قد أنجز فى كل سنة تالية . وعلى ذلك ففى الرسم البيانى الخاص بالطاقة المبذولة يصح أن نقسم الخط الرأسى للطاقة الكلية اثنى عشر قسما متساوية للسنين الاثنتى عشرة المتتالية ، ومن نقط تقاطع هذه الخطوط بالمنحنى نرسم خطوطاً أفقية تكون عمودية على المحور الأفقى للرسم . فالنقط التى نحصل عليها بهذه الطريقة على هذا المحور تعطينا بالتقريب الارتفاع الذى وصلوا اليه عند نهاية كل سنة من سنى العمل المتعاقبة .

ومعلوم أن ارتفاع الهرم هو ٤٨١ قدماً و بوصتان ، وذلك يمكن الاستدلال عليه من أن طول ضلع القاعدة ٧٥٥ قدماً و ½ ٩ من البوصات، وأن ميل الوجه المغلف على الأفق ١٤ً ٥١َ ٥١° .

توكيد الاساس الزمنى

من المعادلة السابقة أو من منحنى « الطاقة المبذولة » فى البناء نجد أن السنة الثامنة من العمل بدأت عند ما تم من الهرم ما ارتفاعه ⅜ الارتفاع الكلى ، وأن البناء الذى تم فى هذه السنة رفع المداميك بما قدره ٢٨ قدماً . وهذه الزيادة هى الواقعة بين الارتفاعين ١٨٤ قدماً و ٢١٢ قدماً فوق منسوب القاعدة ، وهى تمثل بالتقريب العمل الذى تم خلال السنة الثامنة عشر من حكم خوفو . وانه فى هذا الجزء نفسه الذى تم فى تلك السنة توجد النقوش الوحيدة المعروفة المؤرخة فى الهرم الأكبر (أنظر شكل ٨) . وهذه النقوش فوق كتل الحجر الجيرى الموجودة فى الحجرات التى فوق مخدع الملك ، وما هى فى الحقيقة إلا علامات تخطيطية لتحقيق شخصية الملك قام بها العمال فى المحاجر . وهى تذكر اسم الملك خوفو واسم نائبه فى الحكم ، ومؤرخة بتاريخ السنة السابعة عشر من حكم خوفو وهذا يوافق أن هذه الكتل الحجرية قد قطعت من المحجر فى السنة السابقة

لوضعها فى مبانى الحجرات الموجودة فوق مخدع الملك . ولم تكن هذه الكتل منتظمة كداميك الهرم ، بل كانت مجموعة خاصة ذات حجوم متباينة قابلة لأن تنحت وتسوى لكى تثبت ما بين السطوح السفلى لطبقات الروافد الجرانيتية الهائلة المتتابعة التى تخفف من الضغط فوق مخدع الملك ، وبين سطوحها العليا المتباينة كل التباين . وليست هذه النقوش المنفردة هنا بحاجة لاثبات أن الكتل اللازمة لمداميك الهرم الأكبر كانت تقطع من المحاجر فى السنة السابعة عشر من حكم خوفو ، ولكنها تدل عن طريق ذكر شخص الملك على أن محاجر الحجر الجيرى كانت تستعمل بكثرة فى أعمال البناء الأخرى غير الهرم الأكبر . ومهما كان أمر ذلك فان بحثنا قد وضح أن كتلا خاصة قطعت من المحاجر فى السنة السابعة عشر من حكم خوفو ، وأنها استعملت فى بناء الهرم الأكبر فى سنته الثامنة عشر بين المستويين اللذين عينهما بحثنا كحدين للمداميك التى وضعت خلال هذه السنة .

وإذن فالبينات الداخلية للهرم الأكبر تؤكد الأساس الزمنى لبحثنا ، وتدل بشكل قاطع على أن الفترة التمهيدية ذات السنين العشرة ، التى ذكرها هيرودوت إنما انقضت فى قطع الحجارة من محاجرها لمد البناء بالحجارة التى تكفيه فى الاثنتى عشرة سنة التالية . وذلك لأن المعلومات التى قدمناها تدل على أن الكتل الكافية لثلث كتلة الهرم قد وضعت فى السنتين الأوليين للبناء ، وأن هذه الكمية على الأقل لابد أن تكون ميسورة قبل البدء فى البناء . وما انتهت السنة التاسعة للبدء فى البناء — وهى المقابلة للسنة التاسعة عشر من حكم خوفو — حتى كان بنى من الهرم ما ارتفاعه يساوى نصف الارتفاع الكلى ، وحتى كان قد بذل من الطاقة الآدمية الكلية ثلاثة أرباعها ، وحتى تم من البناء ما حجمه يعدل سبعة أثمان الحجم الكلى للهرم ، ومعنى هذا أن الكتل اللازمة لسبعة أثمان حجم الهرم لابد أن تكون قطعت من المحاجر وأصبحت ميسورة التناول

فى السنة السابعة عشر من حكم خوفو لا بعدها .

ومن ثم يتضح قطعاً أنه لابد أن يكون البناة قد رتبوا نظاماً للبناء لكى يضبطوا به حجم وعدد الكتل، اللازمة لكل المراحل المتعاقبة عند قطعها فى المحاجر . وبعبارة أخرى أن الطلب قد وضع تصميمه على مراحل متعاقبة ليفى بمراحل البناء المتعاقبة أيضاً . والبينة على هذه العلاقة بين سرعة الطلب وسرعة العرض كائنة فى أنه فى مراحل البناء خلال السنين السبعة الأولى لم يزد عدد الداميك ولم ينقص عن ١٠ وفى نهاية السنة الثامنة تم ٨٢ مدماكا — أى بزيادة مدماكين عن المتوسط فى السنة وقدره ١٠ مداميك . وفى هذه المرحلة تم بناء خمسة أسداس حجم الهرم ، ومن هذه المرحلة فما بعد زاد عدد المداميك المبنية فى السنة زيادة عظمى .

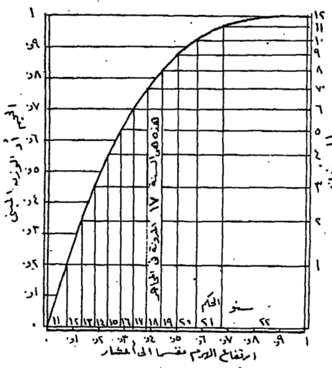
العرض والطلب

لقد أدى بنا البحث فى هذه المرحلة الى الدخول فى مسائل العرض والطلب الخاصة بالهرم . ووسيلتى الرئيسية فى تحرى سرعة العرض أن أبحث دلائل سرعة الطلب . وهذه الدلائل ميسورة عن طريق المناسيب الثابتة فى بناء الهرم والتى حصل عليها فى شغل كل من سنى البناء المتعاقبة . وقد اتخذنا الطن — قدم وحدة للبناء ، وكذلك اتخذنا وحدة العرض الطن أو القدم المكعب ، أو أية وحدة أخرى للوزن وغيرها للحجم . ويصح أن نعتبر الوزن الكلى أو الحجم الكلى للهرم واحداً صحيحاً ، فيكون القدر الذى تم من البناء فى كل سنة كسراً من الوزن الكلى أو من الحجم الكلى .

وعلى ذلك يمكننا الحصول على منحنى المراحل المتعاقبة للوزن أو الحجم الذى تم بناؤه كما حصلنا على منحنى الطاقة المبذولة ، وذلك باعتبار أن الوزن الكلى أو الحجم الكلى للهرم واحداً صحيحاً وأن ارتفاعه واحدا صحيحاً أيضاً (شكل ١٤) فتكون معادلة المنحنى كما يأتى : —

نسبة ما تم بناؤه من الوزن (أو الحجم الكلى) = ١ — هـ³ بفرض أن هـ = من الارتفاع التام (المفروض أنه واحد صحيح) الكسر الذى لم يتم بناؤه بعد حتى القمة . فكما سبق يكون ١ — هـ = من الارتفاع التام الكسر الذى تم بناؤه .

ويمكن الحصول على مناسيب العمل فى السنين المتعاقبة من منحنى الطاقة المبذولة .



شكل (١٤) لبيان الأوزان المرفوعة لاقامة بناء الهرم الى المناسيب المتعاقبة

وحينما يكون قد بنى من الهرم ⅛ ارتفاعه تكون هـ = ⅞ ويكون قد تم بناء ما وزنه أو حجمه يساوى ٠و٣٣٠ من الوزن أو الحجم الكلى للهرم .

وهذا يقل عن ثلث الوزن أو الحجم الكلى بمقدار قليل ، ويكون هذا القدر قد بنى ، كما هو ظاهر من الرسم ، فى ظرف سنتين . وكذلك إذا بنى الهرم الى ⅕ ارتفاعه تكون هـ = ⅘ ويكون قد تم بناء ما وزنه أو حجمه يساوى ٠و٤٨٨ (النصف تقريباً) من الوزن أو الحجم الكلى . وهذا القدر قد بنى ، كما يتضح من الرسم ، فى ظرف ٣½ من السنين .

إخال أن هذين المثلين كافيان لبيان السبب الذى من أجله قد خصصت ١٠ سنين للأعمال التمهيدية قبل البدء فى البناء الفعلى . ولكن ربما كان فى إيراد المثل التالى توضيح أكثر . يدل الرسم على أن ثلثى الوزن أو الحجم الكلى قد تما فى ظرف ½ ٥ من السنين . ومعنى هذا فى الحقيقة أن قطع الأحجار كلها قد تم خلال الخمس عشرة سنة الأولى من حكم خوفو . ولكن محاجر الحجر الجيرى هذه قد شغلها بناة سابقون للأهرام . ولم توجد فتحة كبرى فى المحاجر ، بل ان إيراداً ثابتاً أمكن الحصول عليه عملياً من ابتداء قطع الحجارة . ومن ثم يتضح قطعاً أنه إذا كان ثلثا حجم الهرم قد بنيا فى ظرف ½ ٥ من السنين الى ارتفاع ١٤٤ قدماً ، أى ⅗ الارتفاع الكلى ، كما يدل عليه الرسم ، فان نفس هذا المقدار من المبانى يمكن قطع الأحجار اللازمة له فى نفس الزمن . وهنا أرانا نوازن فقط بين قطع الأحجار وتناولها فى المحاجر و بين نحتها وإصلاحها (توضيبها) للحجم المطلوب فوق الهرم ، ثم رفعها و وضعها ، ثم إدخالها وتعشيقها فى مكانها فى الهرم ، دون أن نعير مسألة نقلها من المحاجر إلى الهرم التفاتاً . على أن سرعة قطع الحجارة التى تعدل نسبياً سرعة البناء الى الارتفاع المذكور — فقطع الحجارة هى هى فى الحالتين — تدل على أن جميع الكتل الحجرية اللازمة للهرم قد قطعت من المحاجر فى ظرف ¼ ٨ من السنين . وعلى ذلك فالمدة التمهيدية ذات العشر سنوات التى ذكرها هيرودوت تبدو ملائمة لقطع الحجارة اللازمة للهرم الأكبر . والمعنى الذى يمكن استخلاصه من ذلك أن غالبية البنائين الحاذقين وغيرهم من مهرة الصناع الذين عسكروا أخيراً عند مقر الهرم اشتغلوا فى المحاجر قبل أن تبدأ عمليات البناء .

ولهذه المناسبة أقتطف العبارة الآتية من الخطاب المؤرخ ٦ يناير سنة ١٩٢٩ الذى كتبه الأستاذ جون جودمان ، عضو معهد المهندسين المدنيين ، رداً على بعض استفهامات وجهتها اليه ، والأستاذ حجة فى المسائل و الطرق الميكانيكية

المتعلقة بقدماء المصريين . قال « لقد كان من حسن حظى أن تعرفت بالسير بنجامين بيكر Sir Benjamin Baker ، الذى له خبرة كبيرة بالأمور الهندسية فى مصر . ولطالما تناقشنا سويًا فى مسائل الأهرام . فذات مرة وهو فى طريقه الى الولايات المتحدة أجرى حسابات مبنية على معرفته بالصناع المصريين فى الوقت الحاضر ، توصل منها الى أن رأى هيرودوت القائل باشتغال ١٠٠٠٠٠ عامل ثلاثة أشهر فى السنة لمدة عشر سنين صائب معقول لقطع الحجارة من المحاجر ثم نقلها الى الهرم عبر النيل . »

معالم النقل Transportation Data

تقع محاجر الحجر الجيرى التى أخذت منها جميع الاحجار اللازمة للهرم الأكبر فى الضفة الشرقية للنيل فى مقابلة هضبة الجيزة التى يقوم عليها الهرم الأكبر وعلى مسيرة ٧ أميال تقريبًا فوق النهر . وقد نقلت الحجارة عبر النيل على زوارق أو أطواف زمن الفيضان أى حينما يكون عرض النهر ٥ أميال . ولكن مناسيب النيل تدل على أن فترة النقل زمن الفيضان محدودة تبدأ فى أوائل أغسطس وتنتهى فى أوائل نوفمبر . فهى تزيد قليلا عن ثلاثة أشهر . فالمدة من أوائل أغسطس الى أوائل نوفمبر من كل سنة هى مدة النقل بوساطة فيضان النيل ، وفى هذه المدة يستخدم عدد كبير من العمال الأضافيين الغير حاذقين . وهى تنطبق على النصف الثانى من فترة الهجوع فى النشاط العادى للسنة التى تبدأ من أول مايو ، حيث انتهى الحصاد ، الى أول نوفمبر حيث يبدأ رمى البذور فى الأرض الطميية العارية التى تركتها مياه الفيضان . ويشتمل هذا النصف الأول من فترة الهجوع فى النشاط على ثلاثة أشهر من فصل الحرارة ، أى من أوائل مايو الى أوائل أغسطس ، حيث لا يكون من المستحسن ولا من الوجهة الاقتصادية استخدام عمال غير حاذقين . يقول هيرودوت « ان ١٠٠٠٠٠ عامل كانوا

يشتغلون باستمرار ، وكانوا يستبدلون بغيرهم كل ثلاثة شهور . » ويفسر بترى هذا القول بأنه ينطبق على فترة الشهور الثلاثة حينما يستخدم فيضان النيل للنقل ، ويلاحظ أن سير بنجامين بيكر يرى هذا الرأى .

وإذن يتضح أن السنة الزراعية عند قدماء المصريين تبدأ بموسم البذر فى أوائل نوفمبر ، وأنه فى عصر الأهرام كانت السنة فى تقويم المصريين ٣٦٥ يوماً وأنها تبدأ فى هذا التاريخ . وقد ثبت ذلك عن طريق التواريخ التى كتبت فى المحاجر فوق كتل هرم صنفرو ، وكلها واقعة فى فترة الستة الشهور بين نهاية الحصاد و بدء البذر من جهة و بين فيضان النيل الذى يقع دائماً فى سبتمبر أو أكتوبر من جهة أخرى .. وقد تحدد ذلك بالسبعة والستين يوماً الأخيرة فى السنة الاولى التقويمية من حكم الملك نفرار يكارا Neferarikara وقد كان حكمه بعد بناء الهرم بنصف قرن . فتدل هذه الحقائق المذكورة على أنه خلال الوقت الذى كان يبنى فيه الهرم الأكبر بدأت سنو حكم الملك خوفو المدونة فى نوفمبر . ومعنى هذا أن كتل الأحجار كانت تنقل فى النيل خلال الشهور الثلاثة الأخيرة لكل سنة من سنى الحكم المتتالية ، وإن لم يكن من المستطاع لذلك استعمال هذه الكتل فى بناء الهرم فى نفس السنة التى كانت تنقل فيها .

ويقول بترى بخصوص ماقاله هيرودوت « يلاحظ أن فترة الشهور الثلاثة ذكرت فقط مرتبطة بنقل الحجارة لا بقطعها أو بنائها . ويحتمل فى هذين الأخيرين أن يكون اشتغل عدد كبير من مهرة البنائين ، ولو أنه كان يساعدهم عدد وافر من العمال غير الفنيين ، وهؤلاء يستخدمون فى أعمال الرفع والنقل المجهدة ، خلال الأشهر الثلاثة عند ما يكون سكان الوادى خالين من العمل . »

كل هذا يدل على أن تنظيم العمل غير الفنى ، وترتيب تسلسل العمل فى نقل الكتل الحجرية عبر النيل ، كانا عند بناة الهرم الأكبر المسألة الكبرى .

مسألة النقل

ان مسألة النقل يمكن تقريبها الى الذهن على خير ما يمكن ببحث مقدار العرض الذى يمكن الحصول عليه قبل البدء فى الهرم الأكبر ، وخلال سنى البناء الأولى . ولقد قدرنا الوزن الكلى للهرم الأكبر بما يقرب من ٦ مليون طن ، وتم وضع ثلث هذا القدر فى السنتين الأوليين للبناء . وتم وضع ثلثى هذا القدر فى منتصف السنة السادسة من بدء البناء . ومعنى هذا أنه كان لابد من تقديم مليونى طن من الكتل الحجرية قبل البدء فى البناء ، وأنه لا بد أن تكون على الأقل أربعة ملايين طن من الكتل ميسورة عند مقر الهرم عند بدء السنة الخامسة من البناء . وهذا المقدار الأخير لابد أن يكون قد سُلم قبل نهاية السنة الرابعة من الحكم . ومعنى هذا أن الوزن الكلى قد تم تسليمه عند مقر الهرم فى ٢١ سنة ، أو أن $\frac{٧}{٨}$ هذا الوزن قد تم تسليمه فى ١٨ أو ١٩ سنة . ومع ذلك فقد تم عند نهاية السنة التاسعة عشر بناء $\frac{٧}{٨}$ الهرم ، وهذا يستلزم تسليم الكتل عند المقر فى نهاية السنة السابعة عشر . وذلك يدل على أن متوسطاً فى معدل التسليم قدره $\frac{١}{٣}$ مليون طن فى السنة كاف لنقل جميع الحجارة اللازمة الى مقر الهرم عند نهاية السنة الثامنة عشر ، التى عند تمامها يكون قد بنى من الحجارة ما زنته ٥ مليون طن ، وأن ما بقى دون بناء هو مليون طن . ولما كان متوسط وزن الكتلة فى الهرم حوالى $٢\frac{١}{٢}$ من الأطنان فيكون عدد الكتل المنقولة خلال فترة الفيضان البالغة ٣ شهور هو حوالى ١٣٠٠٠٠ كتلة فى المتوسط . و يتفق هذا مع رأى بترى القائل بأن ١٠٠٠٠٠ عامل يمكن أن ينقلوا ١٢٥٠٠٠ كتلة ، زنة كل منها فى المتوسط $٢\frac{١}{٢}$ من الأطنان ، عن طريق النيل خلال هذه الفترة .

يقول بترى « ان طريقة استخدام العمال غير الفنيين هذه فى الأعمال العامة عند ما تغمر مياه الفيضان الأرض ، وعند ما يتعذر العمل الخاص ، وعندما يكون

النيل فى أحسن حالاته الملائمة للنقل ، هى الطريقه الأكيدة المتبعة فى كل أعمال المصريين العظيمة ؛ وقد تساعد غرابة هذه البلاد كثيراً فى تفسير كفاءة أهلها لانجاز الأعمال العظيمة العامة . »

ولهذا نرى أن ما لدينا من البيانات التقليدية عن الوسائل المستخدمة فى بناء الهرم الأكبر يتطلب شروطاً لعرض العمل ، وهذه الشروط غير عملية بتاتاً فى بلد كمصر ، فهى قد تكون مضيعة لرخاء البلاد أو ظالمة للناس ، ولكنها فى الوقت ذاته تكون كافية بسهولة وسخاء لانهاء العمل كله . »

« وبجانب هذه الجيوش من الأيدى غير الحاذقة لابد أن يوجد عدد أصغر من البنائين يستخدمون باستمرار فى قطع الأحجار وفى إصلاحها وتركيبها فى الهرم . ومن المعقول أن يظل إيراد سنة من الحجارة فى متناول الأيدى بجوار الأهرام ، فيقوم البناؤون بالعمل فيها . . . »

« ويمكننا حدس عدد البنائين الحاذقين من وسائل الراحة التى أعدت لهم فى الثكنات خلف الهرم الثانى . وقد استعمل عمال خفرع هذه الثكنات ؛ ولكن لابد أن يكون عمال خوفو ، وهم لا يقلون عن هؤلاء عدداً ، قد شغلوا مساحة مماثلة إن لم يكونوا فى الواقع قد شغلوا نفس هذه الثكنات التى وسعت بسهولة ٣٦٠٠ أو فى ٤٠٠٠ عامل . ولما كان متوسط المطلوب سنوياً ١٢٠٠٠٠ كتلة لاعدادها كل سنة فانه يتضح أن كل كتلة من هذه الكتل تجهز فى شهر بوساطة مجموعة من الرجال عددهم أربعة[1] ، ولعل هذا هو عدد البنائين الذين كانوا يشتغلون معاً . ومن ثم فان وسائل الراحة هذه هى فى الحقيقة أكثر من اللازم ، فيحتمل كثيراً إذن أن يتم جزء كبير من أعمال الرفع والبناء طول السنة بجانب أعمال النقل خلال زمن الفيضان . »

---

(١) لعل المقصود ٤٠٠٠٠ عامل لا ٤٠٠٠ حتى يكون الحساب مضبوطا .

المترجم

اعداد الموقع

قبل الانتقال الى بحث مسألة كيفية رفع الكتل الى أعلى الهرم سنبحث فى العمل المبذول فى إعداد الموقع الذى سيقام عليه البناء . وإليك قول هيرودوت الشيق بهذا الصدد قال « ان الحجرات التى ابتناها كيوبس تحت الأرض قاصداً أن تكون أقبية لاستعماله الخاص قد بنيت فوق بقعة أشبه بجزيرة يحيط بها ماء النيل الوارد منه خلال قناة . » وهذه البقعة الأشبه بجزيرة هى ذلك القلب الصخرى الطبيعى المذكور الذى بينت فى رسالتى السابقة أنه قصد به أن يكون نواة « للعقد المنبسط » لمقاومة التشويه بسبب الهبوط . أما « ماء النيل » فقد رفع الى حيث بناء الهرم بقصد تسوية منسوب البناء . وهذا بطبيعة الحال يجعل سطح قاعدة الهرم موازياً لمحدب سطح الأرض ، وقد ذهب بعض الذين كتبوا على الهرم الى أن هذا العمل بينة قاطعة على أن قدماء المصريين كانوا يعرفون تكور سطح الأرض. وتسوية المنسوب فى الحقيقة مضبوطة جداً، ولكنها ليست من الدقة بحيث يستطيع الواحد منا أن يقول انها تتبع انحناء تكور الأرض .

ولتحديد قطرى قاعدة الهرم الأكبر حفرت عند كل رأس من رؤوس القاعدة الأربعة نقرة على شكل متوازى مستطيلات ، وجعل فى كل نقرة الركن الأبعد عن مركز القاعدة محدداً للنقطة التى يمر بها أحد القطرين . وقد أثبتت مصلحة المساحة المصرية أن الزوايا التى بين القطرين المحددين بهذه الطريقة تزيد أوتنقص عن الزاوية القائمة بمقدار ١٨ ثانية ، وأن موقع القاعدة الحالية ينحرف عن الجهات الأربعة الأصلية الفلكية بزاوية قدرها ٣ دقائق و ٦ ثوان .

ولا يفوتنى أن أذكر وأنا فى هذه المرحلة من البحث أننى فى حسابى لم أستنتج عمداً كتلة الصخرة القلبية المذكورة من كتلة الهرم الكلية . فمثل هذا الحساب لايؤثر تأثيراً محسوساً فى الاعتبارات المتعلقة بوزن البناء وبالطاقة المستنفدة فيه .

وفضلا عن هذه الاعتبارات فان الشغل المبذول فى تبليط القاعدة والذى يبلغ عمقه فى المتوسط ٢٠ بوصة يعدل (ويزيد) ذلك القدر الضئيل من العمل المتوفر بادخال ذلك القلب الصخرى فى الهرم . ولا يخفى أيضاً أن مدى القلب الصخرى المذكور وأبعاده غير معروفة معرفة تامة .

نظرية البناء بالجسر المردوم

المسألة التالية تخص عملية البناء ذاتها فى الهرم الأكبر . لقد رأينا أن عدد الكتل الحجرية بالتقريب ٢ ¼ من الملايين . وأن وزنها الكلى بالتقريب ٦ مليون طن . وقد أدى بحثنا الى أن هذا البناء الهائل قد تم فى ١٢ سنة . فكيف عُمل ذلك ؟ ان النظرية الشائعة لأكثر من ٢٠٠٠ سنة تقول ان البناة عملوا ردماً مائلا حول الهرم ، وهذا الردم كان يُعلَّى كلما ارتفع بناء الهرم . وقد صنع أحد المؤلفين الألمان رسما منظوراً به بيان لردم من الرمل ذى جوانب رأسية . وتظهر من وقت لآخر فى كتب الأطفال ومجلاتهم صور جميلة لمثل هذا الردم . ولكن الرمل هو بالطبع المادة الوحيدة الميسورة فى الجيزة لعمل طريق كبير من الردم . غير أن زوبعة واحدة — وهى إحدى الظواهر العادية فى مصر — تدمر فى ساعة واحدة مجهود شهور أو سنين ، وعدا ذلك فان أى طريق أرضى مردوم يستلزم أن يكون عرضه ٢٠ قدماً ، ويستلزم وجود منحدرات جانبية بنسبة ٢ فى الاتجاه الأفقى الى ١ فى الاتجاه الرأسى على الأقل . على أن إنشاء مثل هذا الطريق الذى ميله أكبر من ١ الى ٧ عديم الفائدة ، فضلا عن أن سطح الطريق يستلزم الرصف والتبليط بعد مضى زمن على ركوز الردم . وهذه العملية تستلزم رفع السطح ، أى تعلية الردم ، فتترك التعلية الى أن تركز وتستقر . ثم ان سطح الطريق يجب مده وتمهيده لكل مرحلة آتية من مراحل البناء . ومع ذلك فلنطرح هذه الاعتراضات جانباً لنرى النتيجة التى تكشف عنها نظرية الردم التى اذا ما اتبعت منطقياً

أدت الى نتائج غير منطقية .

فلكي يؤدى الطريق الغرض المقصود منه يجب أن يصل ارتفاعه على الأقل الى ٣٥٠ قدماً عند الهرم . و يجب أن يمتد هذا الطريق من الشرق ، وأن يغمر منحدره الجانبى من الجهة الشمالية الطرف الصخرى لهضبة الجيزة الى السهل الرملى الذى تحتها بنحو ١٠٠ قدم . وعلى ذلك فالمنحدر الشمالى للطريق الجسرى هذا يمتد فى اتجاه أفقى ناحية الشمال مسافة ٩٠٠ قدم ، و يمتد المنحدر الجنوبى فوق الهضبة ناحية الجنوب مسافة ٧٠٠ قدم ، معطياً بذلك ما يقرب من ثلث ميل لعرض مقطع قاعدة الطريق . وقد ينهار كل من منحدرى الطريق على الوجهين الشمالى والجنوبى للهرم مالم تحمهما جدران جانبية ضخمة . وعند قاعدة الهضبة من ناحية الممر الشرقى ، يجب على الأقل أن يكون ارتفاع الطريق ١٩٠ قدماً ، وأن يكون عرض مقطع القاعدة ٧٨٠ قدماً . و إذن يكون طول الطريق نصف ميل على الأقل ، و يستغرق العمل اللازم لبناء هذا الطريق ، ثم لقطع الأحجار ونقلها و بنائها فى الهرم ، ثم إزالة هذا الطريق الأثرى الذى يدفن تحته الهرم وماجاوره ، ٦٣ سنة وهو الزمن الذى عمره حكم الملك خوفو حسب قول مانيتو . وهذا هو الفضل الوحيد الذى أحرزته نظرية البناء بالردم — وهو أنها تتفق مع مدد الحكم الطويلة التى ذكرها مانيتو خاصة بالملوك الذين بنوا أهرام الجيزة . على أن مسألة أن بنائى الهرم قد أزالوا كل ما تركوه من زوائد وشظايا فوق حافة الصخرة الشمالية لهضبة الجيزة تدل على أنه لم يُقم بتاتاً جسر مائل من الردم، لأن هذه الزوائد والشظايا ما كان يمكن تقريعها لو أن هذا الجسر الردمى وجد أثناء بناء الهرم .

وعلى ذلك فباطراح نظرية البناء بالردم هذه لا يصح أن نطرح أيضاً فكرة مكنة البناء بوساطة المستويات المائلة . فان لقاعدة الرفع بطريق المستوى المائل تطبيقات كثيرة ، وواضح أيضاً أنها أصل نظرية طريق الجسر المردوم التى ظلت قائمة يتناقلها الرواة من الماضى البعيد ، حتى لقد صار من اللغو بعد ما ظهر من

البينات أن نتجاهل مكنة أن كتل الهرم قد رفعت بهذه الطريقة .

ومع ذلك فان بترى يحدثنا فى كتابه « الفنون والصناعات عند قدماء المصريين » بأن جسوراً من التراب قد بنيت لاقامة المسلات والتماثيل الكبيرة . واليك ما قاله : —

« كانت تنقل المسلات على زوارق كبيرة كما هو ظاهر من النقوش . وقد فُسرت طريقة رفع مثل هذه الأحجار عن طريقة إقامة تمثال رمسيس الرابع . وذلك أنه عمل جسر منحدر من الأرض يبلغ طوله ربع ميل . ويبلغ عرضه ٩٥ قدماً ، وكان ارتفاع المنحدر ١٠٣ من الأقدام ، ويحتمل أن يكون من هذا الأرتفاع ستون أو سبعون قدماً فى الاتجاه الرأسى قد دعمت بالخشب وجذوع الأشجار . والغرض من ذلك ، كما هو واضح ، رفع الكتلة الكبيرة وذلك بزلقها على جانبها الى أعلى المنحدر ، ثم إمالتها بعدئذ فتقع من أعلى المنحدر منتصبة منقادة للجاذبية . أما كيف تدار الكتلة فلا نعلم عنه شيئاً ، وإنما أسهل طريقة ممكنة لذلك هى إزالة التراب من تحتها تدريجياً . ثم بدك الأرض أسفل المسلة مرة أخرى ، وهى موضوعة فوق المنحدر ، يمكن عملياً دفعها لكى تكون فى وضع معتدل . »

وتعطى معالم بترى هنا ميلا للطريق قدره ١ فى ٢٠ فاختيار مثل هذا الميل لجسر من التراب يمتد الى ارتفاع قدره ٣٥٠ قدماً من الهرم — مضافاً اليه ارتفاع الصخرة وقدره ١٠٠ قدم — يعطينا طريقاً طوله ١ ¾ من الأميال .

النظام والآلات

الآن وقد اثبتنا استحالة نظرية البناء بالجسور المردومة يجمل بنا أن نقول أن أية نظرية أخرى تستلزم استخدام أى نوع من أنواع القوى ، خلاف قوة الانسان ، لرفع أو حمل كتل الهرم الحجريه غير مقبولة أيضاً . فكل البينات تدل بشكل

قاطع على أن قدماء المصريين كانوا دائماً يعتمدون فى أشغالهم على المجهود العضلى للانسان ، فاختاروا لذلك أبسط القواعد الميكانيكية فى تحريك الكتل الصخرية الكبيرة ورفعها — ومن هذه الكتل ما هو أكبر كثيراً من الكتل المستعملة فى الهرم . والبينة أيضاً قاطعة على أنهم ما اختاروا قط غير أبسط الوسائل والحيل الميكانيكية للاستعانة بها مع مجهودهم الآدمى . وهذه الوسائل تشتمل على الرافعة والزلاقات والمستوى المائل . يقول سيرجاردنر ولكنسون Gardener Wilkinson « ان المصريين لم يكونوا جاهلين بأمر البكرات ، فقد وجدت بالفعل واحدة فى مصر ، وهى الآن (سنة ١٨٥٣) فى متحف ليدن . وقد أريد بها ، على مايبدو منها ، أن ترفع الماء من بئر . جوانبها من خشب الترمرسك tarmariks ومحورها من خشب التنوب ، وهو نوع من الصنوبر ؛ وقد وجد معها فى نفس الوقت حبلها المجدول من ألياف النخيل . » وهذه البكرة ، كما هو ظاهر ، من مخلفات عصر أحدث من عصر الأهرام . ولكنا حينما نفحص البينات فى جميع أزمنة التاريخ المصرى نجد ان القواعد الميكانيكية التى أخذت فيما بعد عن عصر الهرم ، والتى تقدمت فى التفاصيل فى هــذه الأيام المتأخرة ، لم تطبق مع ذلك تماماً فى الأعمال الانشائية المتأخرة . ولقد وُجه النظام مبدئياً فى عصر الأهرام الى الوحدة الآدمية على اعتبار أنها العنصر الأكثر حيوية فى دولاب العمل . وقد وجهت الجهود وتركزت فى أمر واحد هو استخدام الأداة الآدمية المنظمة استخداماً نافعاً وتطبيقها على أبسط القواعد الميكانيكية . ومثل هذه التطبيقات قد صُممت ، كما استُخدمت ، مراعاة لحالة البساطة الفطرية وبقصد مساعدة مجهود الكتلة بتجنب العمليات المعقدة . وقد نجد مثلا لذلك فى تنظيم الجيوش لكسب الحروب . فان الروح العامة المعنوية فى الجيش هى التى تبت فى مصير الحروب ، وهذه الروح العامة المعنوية أيضاً لابد أن تنظم .

وعلى ذلك نرى فى الأزمنــة المصرية المتأخرة أنه لما زادت العناية بالكمال

القواعد والوسائل فانها قلّت من حيث تنظيم الأداة الآدمية ، سواء كان التنظيم من الناحية الجسمانية أو من الناحية النفسانية . وكنتيجة لذلك لا يمكن أن نرى فى أى فترة متأخرة من التاريخ المصرى مثل تلك التماثيل العظيمة أو مثل تلك الدقة فى الصنعة التى أبدتها الأعمال التى تمت فى عصر الهرم ، على الرغم من أن التطبيقات الميكانيكية فى عصر الهرم كانت من أبسط التطبيقات . وهنا علينا أن نعرف أن سنة ١٠٠٠ قبل الميلاد فى التاريخ المصرى قد فصلت عن عصر الهرم بثلاث فترات غزو وفوضى أجنبية ، و بثلاث فترات لانتعاش الوطنية المصرية. فمن هذا نعلم أن الاختراعات الميكانيكية قد ظهرت بين ركام عصر سابق ، مع أن سبيل التنظيم وروحه قد فقدا تماماً ؛ وأن كل عصر لابد منتج لنفسه خاصة روح تعبير و وسيلة تنظيم . وهنا أرى أننا نعتدى على ذلك المدى الخاص الذى ، فى أيامنا هذه ، قد خططه السياسى على أنه ملك خاص له ، وعلى أنه « مرتع الصيد السعيد » لأولئك الذين يعينهم فى لجان التحقيق — إما بطريقة حتمية و إما بطريقة غير حتمية كما هو الأغلب — للبحث فى اعتبارات العمل ونظامه المتعلقين بجيل مضى أو بجيل يمضى بسرعة .

الحمل أو الجر

لقد رفع من الكتل فى الهرم الأكبر ما عددها ٢ ¼ من المليون الى مواضعها وقد أدخلت فى هذه المواضع ووصلت بوساطة القوة الآدمية فى ظرف ١٢ سنة ، وذلك باستخدام القواعد الميكانيكية البسيطة و بمساعدة أبسط الاختراعات الميكانيكية . أما كيف ان ذلك قد تم فلايزال محتاجاً لتحقيق . ويبلغ وزن كل من غالبية الكتل المستعملة مداميك فى الهرم ما بين طنين وثلاثة أطنان . وأثقل كتلة فى مداميك القاعدة لا تتعدى ٢٠ طناً . وقد يكون من بين المداميك الأخرى العميقة ما يتألف من كتل زنتها من ١٠ الى ١٤ طناً ، ولكن العدد الأكبر من

الحجارة كان يقل عن ٥ أطنان فى الوزن للحجر الواحد .

و بهذه المناسبة ورداً على بعض أسئلة وجهتها الى الاستاذ جون جودمان كتب الىّ يقول : —

« ان معظم الحجارة لا يزيد الواحد منها فى الوزن عن ٢ الى ٣ طن . وهذه يمكن حملها بسهولة بوساطة جماعات من العمال . ولقد رأيت بنفسى حجارة تحمل بهذه الطريقة فى خزان أسوان ، وقد أخبرنى سير مردخ مكدونالد أن الحد النهائى لوزن الحجر الواحد حوالى ٥ أطنان. و يستحيل أن ينجح العدد الكافى من العمال فى نقل الكتل الاكبر من ذلك وزناً . وقد حدثنى بعض الاخوان فى الهند بأن الاهالى يحملون الكتل الحجرية بمثل هذه الوسائل الى أعلى الجبال ذات المنحدرات التى تكاد تكون رأسية . ومن ثم أرى أن الجانب الرئيسى من كتل الهرم قد حمل فى الغالب بنفس هذه الطريقة فبها يمكن تناولها بسهولة وسرعة . »

« ... و يوجد مع ذلك كثير من المواضع على جوانب الهضبة الصخرية التى بنيت الأهرام فوقها حيث الصخر قد تخدد بأخاديد ملساء فوق سطح الأجراف — وحيث يحتمل أن تكون هذه الأخاديد المواضع التى سُحبت فوقها الحجارة ... »

وتدل العبارة الأخيرة المقتطفة على أنه اذا كانت الكتل قد جُرت فوق الأجراف فهى من باب أولى يمكن جرها بسهولة الى أعلى جوانب الهرم فى طرقات وقتية ملائمة للزلق أو على منزلقات وضعت على منحدرات ممهدة صاعدة عبر أوجه الهرم .

ثم قال الأستاذ جودمان « وهناك عدا ذلك مسألة تختلف عن هذه كل الاختلاف ، وهى مسألة رفع الكتل الجرانيتية الكبيرة فوق مخدع الملك — وتبلغ زنة كل منها حوالى ٥٠ طناً . وهذه على ما أظن ، وكما أشار بترى ، قد دفعت

الى أعلى بالهز والامالة rocked up ، فعلى هذه الكتل توجد علامات لأربع شفاه lugs ؛ وهذه الشفاه أو النتوءات قد قطعت ، ولكن العلامات الحلقية للمثاقيب الناقبة باقية هناك ، وظاهر ان هذه العلامات عملت حينما كان الحجر خاماً . وقد قطع الحجر المحيط تاركا هذه الشفاه الناتئة . ولما كانت الكتل تمال وتدفع على اثنين من هذه الشفاه (التى كانت كأنها محاور ارتكاز) فقد كانت تولج خوابير برنزية تحت الشفتين الاخريين ثم تدفع الكتل ثانية وهكذا . وفى ذات مرة استطاع بترى ورجل آخر فى بضع ساعات أن يرفعا (بهذه الطريقة) كتلة تزن ٨ أطنان حتى تمكن بترى من الزحف تحتها وفحص علامات الازميل . واذا قلنا ان هذه الشفاه لم تستعمل لهذا الغرض فلأى غرض اذن عملت؟ وهى بالطبع كانت تُزال عند ما تصل الكتلة الى مقرها . »

وما قاله بترى فى هذا الصدد أيضاً مؤيد له . ففى كتابه «الفنون والصناعات عند قدماء المصريين » قال :

« عند ما كان يستلزم الأمر رفع الحجارة الى أعلى هرم أو الى أعلى صرح كان يحتاج الى عمل صقالات . ولا تزال ترى بقايا منحدر كبير من اللبن مقابل كل وجه من وجوه الصروح التى لم تتم والموجودة فى الكرنك . فهذا المنحدر هو الكتلة الوحيدة العامة للصقالات ، أما المدرج الحقيقى للحجارة فلا بد أن يكون من الحجر لأن اللبنات تنسحق اذا ما استعملت وسائل الرفع فوقها مباشرة .

« وللكتل القصيرة كانت تستعمل أرجوحة من الخشب ، وقد وجد لهذه الأرجوحة كثير من النماذج فى رواسب الأساس مع نماذج أخرى من العدد والادوات . وبامالة هذه الى أحد طرفيها ثم وضع خابور تحتها فانه يمكن دفعها الى أعلى المنحدر ، وبهذه الطريقة ترفع تدريجياً ، أولا لأحد الطرفين ثم للطرف الآخر . أما فى حالة الصخور الكبيرة فيحتمل أن يكون الرفع حدث بالهز والامالة ولو أن راقداً حمل على خازوقين بالقرب من الوسط فان قوة صغيرة تكفى لزحزحته

عن أحدهما ؛ وعند رفع هذا الخازوق فان الرافد يمكن زحزحته من الناحية الأخرى ثم يرفع الخازوق السفلى بدوره . وإذن فبالهز والامالة من خازوق لآخر يمكن بسرعة رفع الرافد الى ارتفاع يكفى لزحزحته الى الدرجة التالية من المدرج . وعلى ذلك فيحتمل أن تكون الروافد الجرانيتية الخمسة والستين ، والتى تبلغ زنة الواحد منها ما يزيد عن خمسين طناً ، قد رفعت بهذه الكيفية فى هرم خوفو . »

وما دام تطبيق قاعدة المستوى المائل ، التى قال بترى انها اختيرت فى اقامة صروح الكرنك ، ممكناً أيضاً بصيغة ما فى بناء الهرم الأكبر ، فانه يستحيل أن نتصور أن الـ ١/٤ ٢ من ملايين الكتل فى الهرم قد رفعت بتلك الطريقة الشاقة المذكورة ، طريقة الهز والامالة . فهذه الطريقة تستلزم اقامة الهرم فى ظرف الـ٦٣ سنة التى نسبها مانيتو لخوفو ، ولكنها لا تستلزم اقامته خلال الاثنتى عشرة سنة التى تحققت من بحثنا الحالى . على ان المصريين الذين أمدوا المؤرخ هيرودوت بما ذكره من المعلومات عن اقامة الهرم الاكبر ذكروا ان الهرم بنى بهذه العملية الشاقة لرفع الاحجار ، وعلى ذلك قدروا حكم خوفو بأنه ٥٠ سنة . ورواية القرن الخامس قبل الميلاد هذه مستندة ، كما يظهر ، على طريقة بناء تلك الصروح التى لم تتم فى الكرنك ، وعلى طريقة اقامة تمثال رمسيس الرابع فى القرن الثانى عشر قبل الميلاد . لقد خلط هيرودوت ، كما هو ظاهر ، بين روايتين منفصلتين منسوبتين اليه ، من حيث تعاقب الملوك ومن حيث ما هو منسوب اليهم من الاعمال . فهو يقول بوجود ملك اسمه رمسيس سبق خوفو فى الحكم ، مع أن اسم رمسيس لم يظهر فى مصر الا بعد خوفو بما يزيد عن الف سنة .

التدليل على الجر

رأينا الى الآن أنه توجد طريقتان مدونتان بخصوص كيفية رفع الأحجار عند قدماء المصريين . إحداهما تقول برفع الأحجار صغيرة كانت أو كبيرة

بطريق الهز والامالة ثم وضع الخوابير ، وتقول الثانية بجر الكتل الثقيلة فوق منحدر . وكل من هاتين الطريقتين المدونتين كانت تشتمل على منحدرات مؤقتة . وأولاهما لا تكفى لاقامة الهرم الأكبر خلال حكم خوفو المعروف . وعلى ذلك فأمامنا فقط طرائق الرفع بوساطة حمل الأثقال فوق منحدرات مؤقتة ، أو رفعها بسحبها فوق منحدرات مؤقتة . وقد رأينا فى حالة الحمل أن لا يزيد المحمول عن ٥ أطنان . وقد رأينا أيضاً أن كثيراً من صخور الداميك فى البناء الى مايزيد عن نصف ارتفاعه أكبر من هذا وزناً ، مع أن غالبية الكتل فى الهرم تختلف فى الوزن بين طنين وثلاثة أطنان . على أنه فى البناء الذى تم فى السنة الرابعة توجد كتل كثيرة تزيد فى الوزن عن ١٠ أطنان ، مع أن متوسط وزن الصخرة فى هذه السنة كان ٤ أطنان فقط ، ومع أن وضع هذه الصخور الأخيرة الثقيلة — المدماك الخامس والثلاثين من البناء ، وهو الذى يبلغ ارتفاعه ٤ أقدام و بوصتين — قد أتم بناء نصف الهرم وزناً خلال هذه السنة الرابعة للبناء .

ثم ان الكتل التى تزيد فى الوزن عن ٥ أطنان من الكثرة بحيث أن رفعها بالهز والامالة فوق المنحدرات المؤقتة أو حتى فوق المداميك يتلف فى الغالب تسلسل رفع أو سحب الكتل الخفيفة فوق المنحدرات المؤقتة . إلا أنه يوجد استثناء لذلك فى حالة الكتل الجرانيتية الكبرى والروافد التى من الحجر الجيرى الموجودة فوق مخدع الملك . وعدد هذه ٥٥ فقط . وكل منها يزن ٥٠ طناً . والبينة التى جاء بها الأستاذ جودمان قاطعة فى أن هذه الروافد الهائلة قد رفعت بطريق الهز والامالة . ومن ذلك تنشأ مسألتان : الأولى أن رفع الـ ٥٥ كتلة فقط يمكن تنظيمه بحيث لا يخل بنظام أكثر من طريق واحد أو اثنين من طرق الجر الكثيرة التى استعملت لسحب كتل المداميك . والثانية أن ميل هذه الطرق أكبر من ١ الى ٢٠ وهو المطلوب فى رفع تمثال رمسيس الرابع ، وإلا فان الروافد المسقفة كان يمكن جرها الى أعلى فى الطرق التى عملت لكتل المداميك .

نحن لا نستطيع أن نستنتج منطقياً أن الكتل التى أوزانها من ١ الى ٥ أطنان كانت تحمل فوق نفس المنحدرات التى خصصت لجر الكتل التى أوزانها من ٥ الى ١٥ طناً ، بل لا نستطيع أن نتصور وجود منحدرات منفصلة لاحمل ومنحدرات أخرى للجر . وإنما نستطيع أن نستنتج منطقياً أن جميع كتل المداميك كانت تسحب فوق منحدرات ميلها أكثر وقوفاً بكثير من ١ الى ٢٠ ، وظاهر أنهم لم يختاروا منحدراً منبسطاً ، لأن هذا لا بد أن يدور كاللولب مرات كثيرة جداً فى الصعود حول أوجه الهرم المنحدرة . ومعلوم أن زاوية احتكاك الحجر الجيرى على الحجر الجيرى تساوى ظا$^{-1}$ $\frac{1}{2}$ ، أي بنسبة ١ فى الاتجاه الرأسى الى ٢ فى الاتجاه الأفقى . فعلى هـذا الحساب . وغيره من الحسابات الأخرى ، يكون هـذا الميل قليل الانحدار بالنسبة لجر الأثقال جرا اقتصادياً بوساطة الأيدى . ثم من جهة أخرى أن كل منحدر أكثر انبساطاً من ١ فى الاتجاه الرأسى الى ٢ فى الاتجاه الأفقى ، يجعل الطرق المتوازية الصاعدة مزدحمة كثيراً ، فى حين أن زوايا الاتصال الحافيّة المتعاقبة قد حولت بدوران هذه الطرق المتوازية ، وفى كل مرة يدور الطريق فيها زاوية قائمة من وجه لآخر من أوجه الهرم تتقارب الطرق شيئاً فشيئاً بعضها من بعض .

وإذا بدأ طريق ، بميل قدره ١ فى الاتجاه الرأسى الى ٤ فى الاتجاه الأفقى ، من أحد أركان قاعدة الهرم ، فانه يقطع نصف عرض أحد الوجوه المائلة عند بلوغه الارتفاع الذى يوضع عنـده المدماك الخامس والثلاثون ، الذى بوضعه يتم بناء نصف الهرم وزناً . وهذا الطريق نفسه يصل الى اللفتة الأولى (أى زاوية الاتصال الحافيّة الأولى) عند $\frac{1}{2}$ الارتفاع الكلى للهرم ، وهذا القدر من الارتفاع هو الذى عنده يتم بناء $\frac{7}{8}$ الهرم وزناً ، والذى عنده يكون قد استنفد نصف الطاقة الآدمية اللازمة لبناء الهرم . وهذا يقع عند السطح القاعدى للمدماك الستين ، وهو ذلك المستوى الذى عنده وضعت مجموعة الروافد الأولى الضخمة المسقفة لمخدع الملك ،

والذى به يتم عمل السنة السادسة من البناء . وهذا الطريق يصل الى الزوايه الحافية التالية عند ٦٥ و٠ من الارتفاع الكلى للهرم . وهذا القدر من الارتفاع هو الذى عنده يتم بناء ٩/١٠ الهرم وزنا ، والذى عنده يكون قد استنفد ٤/٥ الطاقة الآدمية اللازمة للبناء . وهذا الطريق نفسه اذا استمر يتم دورة كاملة حول الوجوه الأربعة عند ٤/٥ الارتفاع الكلى للهرم . وعند هذا الارتفاع يتم بناء ٩٩و٠ من الوزن الكلى للهرم .

هذا الطريق الذى اتخذناه مثالا هو واحد من كثير من أمثاله المتوازية التى يصح أن تكون عملت مؤقتا ابتداء من جوانب القاعدة كلها . أما عرض أى طريق — قبل أن ينثنى انثناءه الأول — فيلزم أن يسع أعرض كتلة مطلوبة فى هذه المرحلة من البناء . وكذلك الأمر فى كل مرحلة تالية وهكذا . وعلى ذلك فعرض أوطأ المراحل لابد أن يعين النهاية العظمى لعدد الطرق الممكنة التى يصح بناؤها . وكلما كان الطريق أضيق كلما كان أقل فى حاجيات البناء .

تدل هذه الوسائل المحتملة التى ذكرتها على أن خير وسائل جر الأثقال بوساطة العمال يمكن إعدادها بالباس كل منهم رباطاً للكتف وآخر للوسط ، وبذلك يكون مجهوده منقسما بين الحمل وبين الجر أو الشد . وهذه الطريقة تستلزم زحافة لجر الحجر ، وزلاقات تنزلق الزحافة فوقها ، ومواطىء ضيقة التدريج على الجانبين لأقدام العمال . ويلزم فى الزحافة أن تكون مفتوحة من الطرف الذى تجر منه ، ولابد أن يكون جانباها ومؤخرتها عالية ؛ وتجد صورة لمثل هذه الزحافة بين صور الزحافات التى وجدت فى عصر الأهرام والتى كانت تستعمل لنقل الحجارة . ومصر غنية فى الحبال والحجارة والجبس اللازم لإحكام وضعها ووصلها. أما مواد البناء الأخرى فيلزم استيرادها من الخارج . ولعل المنحدرات كانت إذن من اللبنات الطينية فى القلب يكسوها البلاط الحجرى ، ولها جانب يدعمها بنى بالحجارة فوق المداميك . وظاهر أن هذا معناه أن الحجارة الغالفة تكون قد

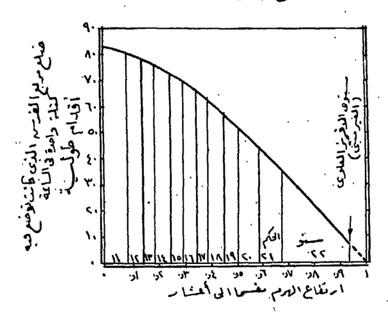
وضعت بعد أن تكون مداميك الهرم القلبية قد وضعت أيضاً ، وإلا فان مسالك الحجر الأصلية المؤقتة تهدم عند وضع الحجارة المغلفة ، فيستلزم الأمر عمل سلسلة مسالك أو طرق أخرى لبناء الغلاف . أما الحجارة المغلفة فيقتضى تركها مدرجة بسطحها الصخرى لكى تترك مهداً لمسالك الجر المؤقتة . وهذه هى الطريقة التى بنيت بها الحجارة المغلفة لهرم الجيزة الثالث ، لأن كثيراً من الحجارة الجرانيتية المغلفة لهذا الهرم لاتزال متروكة عارية بسطحها الصخرى مظهرة السطوح الأصلية للصخور الطبيعية الجرانيتية التى أثرت فيها المياه والتى منها قطعت كتل هذا الهرم .

وما دامت هذه هى طريقة البناء فان هدم طرق الجر المؤقتة يبدأ من القمة فما تحت ، وبذلك تكون الجوانب المغلفة للهرم قد مُهدت فاستحالت سطوحاً ملساء عند ما أزيلت مسالك الجر هذه التى كانت تخفيها . وهذا مطابق للبيان المنسوب الى هيرودوت إذ يقول «لقد تم الجزء العلوى من الهرم أولا ، ثم الأوسط ، وأخيراً تم الجزء الأسفل القريب من الأرض . » ويلاحظ أن هذا يعطينا ثلاث مراحل لهدم المبانى المؤقتة ولانجاز البناية الأصلية الدائمة . وإذن فيكون متوسط عدد المراحل لكل مسالك الجر وطرقه المؤقتة فى المنحدر الذى ميله ١ فى ٤ ثلاثاً بالضبط .

عملية البناء

اننا لم ننجح بعد فى إثبات أن الـ ٢ ½ مليون كتلة الموجودة فى الهرم يمكن جرها الى الهرم والى أعلاه ثم بناؤها فى ١٢ سنة . ولكن خير وسيلة لادراك مسألة الجر هذه إنما تجىء عن طريق بحث مسألة البناء . ونحن نستطيع من منسوب البناء الذى تم لكل سنة ومن ارتفاع المداميك أن نحصل بالتقريب على العدد الكلى للحجارة التى وضعت فى البناء كل سنة . فلذلك قسمت العمل للاثنتى عشرة سنة المتعاقبة على مناسيب ، وأخذت للتحليل مراحل العمل سنتين سنتين . وقد

اعتبرت أن المساحة المربعة المنجزة فى السنة الأولى لكل مرحلة ذات سنتين هى متوسط المساحة التى تم وضع الكتل فيها فى سنتين . وقد قسمت هذه المساحة الى مربعات متساوية المساحة توضع كتلة واحدة فى كل مربع منهسا فى السـاعة لكى يتم بناء عدد الكتل المخصصة فى ظرف سنتين . (شكل ١٥) فأعطت هذه الطريقة لشغل السنتين الأوليين كتلة واحدة لتوضع فى مربع طول ضلعه ٨١ قدماً ، وفى شغل السنتين الأخيرتين اللتين كانت فيهما الكتل صغيرة الوزن أعطت كتلة واحدة لتوضع فى مربع طول ضلعه ٣٥ قدماً . وهـذه الأعداد مبنية على أساس أن سنة الشغل ٣٠٠ يوم ، وأن ساعات العمل فى اليوم ١٠، وقد اخترت ذلك فقط لأغراض التحليل القياسى . وتدل المعالم التى أظهرها التحليل على أن عملية البناء يمكن أن تتم حتى فى ربع أو ثلث الزمن المسموح به على شرط أن نظام جر الأثقال المختار يفى بتوريد الكتل .



شكل (١٥) لبيان متوسط اتساع العمل الذى فيه توضع كتلة واحدة فى الساعه وذلك فى أى مرحلة من مراحل بناء الهرم الاكبر

فنى السنتين الأوليين من العمل يجب توريد ٧٦ كتلة متوسط . وزن الواحدة

منها ½ ٤ من الأطنان فى الساعة و فى السنتين الأخيرتين من العمل يجب تو ريد ٥٧ كتلة متوسط زنة الواحـدة منها طن ونصف طن ، فى الساعة . ويمكن جر من ٢ الى ٤ من الـكتل الأخيرة فى زحافة واحدة . ولقد أثبت أن معظم عملية الجر حدث فى المراحل السفلى من البناء . فمن وجهة عدد الـكتل المو ردة فى الساعة يتضح ان شغل السنتين الأوليين هو الأردأ . وإذا أخذنا ستة أوجه طرق للجر فى الوجه الواحد أو ٢٤ طريقاً للدوران حول الهرم فان العرض الممكن لانشاء كل طريق منحدر يقرب من ٢٥ ذراعا . وليست هناك حاجة لان يكون الطريق بهذا الاتساع ما دام البناة قد راعوا الاقتصاد فى بناء الجدار الواقى الجانبى بين الطرق المتوازية . وصفوف الطرق المتوازية هـذه تعطى فى مراحلها الأولى القريبـة من قاعدة الهرم ما يزيد قليلا عن ٣ كتل فى الساعة لـكل طريق. أما الطرق الضيقة فيمكن استخدامها فى إيصال المواد الأقل أكلافاً . وظاهر من كل ذلك أنه حتى إذا نقصت أيام سـنة العمل وساعات العـمل التى فرضتها نقصاناً عظيما فان عملية الجر تستطيع أن تمد البناة بالمادة التى يستطيعون وضعها خلال مدة البناء الاثنتى عشرة سنة التى تأيدت بهذا البحث .

لم يبق بعد ذلك إلا الملحق الجامع لـكل المعالم الخاصة بتنظيم الجر و بمسألة ملاسة السطح وتهذيب فرش ووصلات الـكتل المغلفة للهرم . . .

ان رسالتى ، التى كنت أملت أن أخصص لتحضـيرها شهوراً ثلاثة ، قد أعدت خلال عشرة أيام ، نظراً لظروف غير منتظرة ، مشتملة على جميع الحسابات الضرورية والمنحنيات التى ظهرت رسومها . وهناك منحنيات أخرى لم تتم بعد . وكانت رسالتى تـكتب مرحلة فأخرى كلما تقدم الجدل والبحث من المعالم التى تسفر عنها الحسابات والخطوط البيانية المنحنية . وعلى ذلك فان تدليلى الذى تضمنته هذه الرسالة قد يكون أوفى لو أنهـا كتبت من جديد . ولـكن الدليل المـكتوب ثانية يخفق عادة فى الـكشف عن الآراء الأصلية التى منهـا وصلنا الى

ما وصلنا اليه من النتائج. لهذا أقدم رسالتى على اعتبار أنها سجل مكتوب للآراء كما تكونت ، وانى أقدمها راجياً أن تدل طريقتى فى التدليل والتسلسل ، اللذين اتبعتهما فيها ، لا على تسلسل التصميم والانشاء لهذا البناء الضخم فحسب بل على تسلسل التصميم والانشاء لنماذج البناء الأخرى مع مراعاة تطبيق القواعد المستخدمة فى هذه الرسالة .

ملحق

(١) معاليم جر الاثقال

جر الاثقال فوق الطرق الثابتة

يقول « ارمان Erman » الذى بقوله استشهد بترى فى كتابه « علم الاجتماع الوصفى Descriptive Sociology » ما يأتى :

« عند ما كانت الكتل المتوسطة الحجم تنقل خلال طرق جيدة نسبياً كانت الثيران تربط فى الزحافة . وقد جرت العادة مع ذلك ..... أن يستخدم الرجال فى مثل هذا العمل الشاق . »



شكل (١٦) طريقة جر قدماء المصريين للاثقال فوق زحافات

وترى فى الصورة (شكل ١٦) زحافة للجر ذات ست ثيران ، وهى احدى الزحافات التى كانت تستعمل فى المحاجر التى منها اقتطعت حجارة الهرم . ويقول سير جاردنر ولكنسون « انه مفروض ان الزحافة فى طريقها الى المستوى المائل المؤدى الى النهر ، ولا تزال ترى للآن رسوم من هذا النوع بالقرب من جنوب بلدة المعصرة الحديثة ... »

وتبلغ هذه الكتلة الظاهرة حوالى ٧ أقدام × ٤ أقدام × ٤ أقدام وتزن ٧ أطنان تقريبا . ويدل معامل الاحتكاك المستدل عليه من شد ست ثيران لهذا الوزن على أن الطريق كان مدهوناً بالشحم ، ومعلوم أن معامل احتكاك الخشب على الخشب المدهون بالشحم يختلف من ٢ و. الى ٤ و. ويعطى المقدار

الأول شداً قدره ٥ هندردويت للثور الواحد ، وهـذا كبير جداً ما دام العمل متواصلا ؛ أما المقدار ٤ . و. فيعطى شداً قدره هندردويت واحد للثور الواحد ، وهذا صغير جداً .

ويشـبه التصميم المصرى القديم للطريق الثابت التصميم الحديث لطريق السكة الحديدية . يقول بترى انه « فى زمن الأسرة الثانية عشر جهز فى اللاهون طريق آت من المحاجر ، بالفلنكات الخشبية (المأخوذة من خشب السفن القديمة) المدكوكة فى الأرض متحاذية ، فكان طريقاً خشبياً تنقل عليه الـكتل مسحوبة أو فوق قضبان اسطوانية مدحرجة . »

« أما طريق النقل عبر الصحراء فكان ينقى من الحجارة التى كانت تكوم على الجانبين على شكل أخاديد ، وكانت توضع علامات فى الطريق كل ثلث ميل ، وتوضع علامة كبيرة كل أربعة أميال . »

وقد جاء فى كتاب «المهندس السنوى لواضعه كمب Kemp's Engineer's Year Book » تحت عنوان « قوة الحيوان » ما يأتى وهو « ان الثور الذى يسير بسرعة قدمين فى الثانية (أى ٣٤ و١ من الميل فى الساعة) يبذل قوة شد قدرها ١٥٤ باونداً فى ظرف ٨ ساعات كل يوم . » فاذا طبقنا هـذا على الرسم المصرى القديم فانه يعطى معامل احتكاك قدره ٥٦. و. — وهذا يدل على سطوح جيدة الملاسة وعلى تشحيم للطريق بلغ غاية الجودة وهذا لا يحصل عليه الا فوق طريق ثابت ممهد خير تمهيد .

قال هيرودوت بأن جسرا كبيرا صخريا قد بنى ومهد الى الهرم الأكبر قبل البدء فى بناء الهرم ذاته . وكان طوله ١٠٠٠ ياردة وعرضه ٦٠ قدماً وارتفاعه ٤٠ قدماً . ويدل طوله على انه يبدأ من حافة الماء عند ما يكون فيضان النيل قد بلغ أتمه ويقول بترى ان « هذا كان للروافد (الـكمرات) الأثقل، ولا بد أن تكون هناك عدة جسور أخرى للـكتل الأصغر لـكى يمكن نقل ١٠٠٠ كتلة فى اليوم

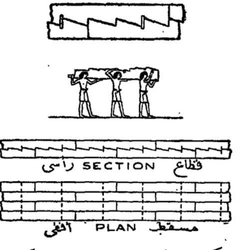
بل كانت توجد جسور دقيقة التدريج لهرمى صنفرو وخفرع . » وأنى أميل لتصديق أن الجسر الذى يشير اليه هيرودوت بنى فى الأصل لكى يكون طريقا ثابتاً يستعمل بعد بناء الهرم .

جر الاثقال فوق الطرق المؤقتة والمسالك المتنقلة

يدل رسم فى مقبرة موجودة فى البرشه El Bersheh على الطريقة التى نقل بها تمثال فى عهد الأسرة الثانية عشرة المصرية — أى بعد بناء الهرم الأكبر بما يقل عن ألف سنة . فقد ظهر فى الرسم مائة واثنان وسبعون رجلا ، يجرون تمثالا على زحافة مربوطة بأربعة حبال والتمثال مربوط بالزحافة بحبال شدت عليها بوساطة دواليب الربط Windlassing . ويرى فى الصورة مدير للاشراف على الجر فيعين الوقت (وربما كان يغنى للعمال) . وكان يوضع طريق أو افريز من الخشب أمام الزحافة ، فاذا مرت عليه رفع من خلفها . وكان سطح هذا الطريق يدهن بالشحم ، والقائم بعملية الدهن ظاهر فى الصورة وهو يؤدى عمله عند تقدم الزحافة أما أن هذا التشحيم كان متواصلا فيدل عليه أن ١٧٢ رجلا هم الذين جروا التمثال وكان ارتفاعه ١٣ ذراعا مصرية (أو ٢٢ قدما و ٤ بوصات) ، ويزن نحو ٤٠ طنا وهذا العمل يسفر عن معامل احتكاك قريب من ٢و٠ أى حوالى النهاية العظمى لمعامل احتكاك الخشب على الخشب المدهون بالشحم أو الصابون . وكان كل رجل يشد الحبل ، أو يدفعه ، بالاتحاد مع زملائه بقوة تقرب من ١٠٠ باوند فى كل شدة أو دفعة . وهذا فى الاتجاه الأفقى وفوق الافريز الخشبى المتنقل .

ولذلك يقول سير جاردنر ولكنسون « ان المصريين كانوا على علم تام بالقوى الميكانيكية ، وبطريقة تطبيق القوى القاطرة تطبيقا ناجحا كل النجاح ؛ ومعلوم أن استعمال الشحم للاثقال الكبيرة وتفضيله على الاسطوانات المدحرجة متبع فى أعمالنا الحاضرة . »

ويوجد أمر شيق فى ذلك الرسم المذكور أرانى مضطرا للاشـارة اليه بنوع خاص . فيه ترى ثلاثة رجال (كما فى شكل ١٧) يحملون ما يبدو أنه عارضة من



شكل ١٧ طريقة حمل الاثقال فوق الاكتاف

خشب موصول . فاذا كانت النسب صحيحة فإن العمال الثلاثة ما كانوا ليستطيعوا حمل عارضة من الحجم الظاهر فى الرسم ، وعلى الأخص لأن العامل الأوسط يضع العارضة خطأ على كتفه الأيسر مع وجوب وضعها على كتفه الأيمن . وهو من جهة أخرى ماد يده فوق الحمل وحوله . فمن ذلك يتضح أن عرض هذا الشيء المحمول لا يزيد عن ثلاث أو أربع بوصات ، وهذا يدل على أنه مقياس عيارى لقياس العوارض الخشبية للطريق وحفظ حجم كل منها فى تفاصيله ، ولقطع عوارض جديدة تكون متساوية فى الحجم والتفاصيل .

هذه النتيجة توضح كيف أنشىء الطريق ويلاحظ أن التسنن غير متواصل على تلك الأخشاب الموصولة بل متقطع وذلك لامداد الصناع بما يقابل فى أيامنا الحاضرة وصل الألواح بمسامير قطش . والقطاعان الرأسى والأفقى والتفاصيل الظاهرة فى شكل (١٧) تبيّن بالتقريب كيف ينشأ طريق متواصل بالشروط التى يستلزمها هذا القالب الخشبى المحمول . ويلاحظ أيضاً أن الزوائد الخابورية key-strips ممتدة عبر عرض الطريق كله . أما الخوابير المولجة عند أطراف هذه الزوائد من

جانبي الطريق فانها تربط الطريق جانبيا ، كما أن الوصلات الخشبية المتواصلة — المتخالفة بين الخشبتين العليا والسفلى — تربط الطريق طوليا . وطراز الانشاء هذا كان ضروريا لمنع الطريق من الانقسام تحت دفع الزحافة المحملة بالأثقال الكبيرة وكان الطريق الخشبي منغمرا فى الأرض وفى محاذاة سطحها أو سطح المادة المكبوسة التى عليها مد هذا الطريق .

جر الأثقال فوق المنحدرات

لقد قلت فيما مضى العبارة الآتية : —

« تدل هذه الوسائل المحتملة التى ذكرتها على أن خير وسائل جر الأثقال بوساطة العمال (جرها فوق منحدر ١ فى ٤) يمكن اعدادها بالباس كل منهم رباطا للكتف وآخر للوسط ، وبذلك يكون مجهوده مقسما بين الحمل وبين الجر أو الشد . »

ولكنى أرى الآن أن مستر ن . دى ج . دافيز Mr. N. de G. Davies فى كتابه « دير الجبراوى » ، فى الصفحة ١٣ من الجزء الأول ، يصف لباساً يفى بهذه الشروط . وكان يستعمله صيادو السمك فى عصر الهرم عند جر شباكهم ، يقول دافيز « ان أولئك الذين يجرون الشباك يلبسون حزاماً للكتف (سبليتة) منسوجاً يصلونه بالحبل ، وبهذا يمسكون به بشكل أمتن وأضبط . » ويرى بترى بعد استشهاده بذلك فى كتابه « علم الاجتماع الوصفى » التطبيق الظاهر له ، وهو لذلك يضع هذه العبارة تحت عنوان «النقل» بمناسبة جر الحجارة فوق الزحافات التى يسحبها الرجال .

(٢) الطاقة المبذولة فى بناء الهرم الاكبر

القانون التمهيدى

من الوجهة الميكانيكية الأولية يلزم لكل كتلة وضعت فى الهرم أن ترفع

الى أعلى فى اتجاه رأسى فوق القاعدة ، ثم تجر أو تحمل من جهة لأخرى فى اتجاه أفقى . وقد رفع الوزن الكلى للهرم الى المستوى الأفقى المار بمركز ثقله الواقع عند ربع ارتفاعه الكلى . وقد مر بنا الحديث على القانون الخاص بالطاقة الكلية المستنفدة .

وبالنسبة لابعاد الهرم الأكبر والى الاحتكاك الأفقى قد حصلنا على ثابت هو مح . ط للطاقة الأفقية المستنفدة حيث مح = معامل الاحتكاك للخشب فوق الخشب المدهون بالشحم ، ط = النسبة التقريبية . ولما كانت طرق الانزلاق الأفقية تستلزم أن تكون قابلة للدوران باستمرار لجميع الأوضاع المختلفة للكتل ، وكانت هذه الطرق فى جميع الحالات طرقاً مؤقتة أفقية ، فاننا مضطرون لاعتبار النهاية العظمى لمعامل الاحتكاك ٢٠ر٠ وهذا يجعل المقدار مح . ط مساوياً الى ٢/٣ تقريباً ، فاعتبرت لذلك أن مح . ط = ٢/٣ ومنه ينتج أن مح = ٢١٢٢٠٧ر٠ وتكون النتيجة لهذا التبسيط أو الاختصار أن تصير الطاقة الكلية المبذولة رأسياً فى الرفع وأفقياً فى الجر و ع/٣ حيث و = وزن الهرم ، ع = ارتفاعه . ويدل هذا على أن الطاقة الكلية المستنفدة مساوية للشغل الحادث فى رفع الوزن الكلى للهرم رأسياً الى ثلث ارتفاع الهرم . فاذا فرضنا للتحليل أن نفس هذه النسبة صالحة صحيحة لكل مرحلة من مراحل البناء فان قانون الأكلاف النسبية للطاقة المستنفدة لهذه المراحل المتعاقبة هو : الطاقة = ١ − ٣ هـ^٣ + ٢ هـ^٤ وهو الذى مر الكلام عليه ، والذى اتخذته أساساً للخط البيانى شكل (١٣) . ولابد أن يكون العمل فى المراحل السفلى للبناء أسرع قليلا مما تسمح به ، ولكن بعض الاعتبارات العملية التى سنتكلم عنها فيما بعد تدل على أن القانون يفسر سرعة البناء تفسيراً صحيحاً .

والقانون النظرى المضبوط هو : مقدار الطاقة المبذولة فى البناء لارتفاع قدره (١ − هـ) = ١ − ٣ ١/٨ هـ^٣ + ٢ ٧/٣٢ هـ^٤

وإذ كان الوزن الكلى و يساوى بالتقريب ٦مليون طن ، والارتفاع ع يساوى ٤٨١ قدماً ، فان الطاقة الكلية المبذولة هى ٩٦٢ مليون طن — قدم . وتعطى النتيجة النهائية التى يسفر عنها بحثنا هذا ذلك القدر بالضبط .

القانون النهائى

كانت طرق الجر المائلة حول الهرم والى أعلاه (شكل ١٨) ذات ميل قدره ١ فى ٤ وهذا الميل يكاد يتفق مع تدرج المداميك وحالات البناء المتعاقبة إذ أن الميل الحقيقى لهذه هو ١ فى الاتجاه الرأسى الى ٤و١٢٧٦٤ فوق المنحدر ، وذلك يعطى زاوية ميل على الأفق قدرها ١٤° — ١َ — ١٤ً .

وقد مر بنا أن قدماء المصريين كانوا يعملون فوق الطرق المؤقتة والجسور المتنقلة بمعامل احتكاك يقرب من ٢ ر. أما فى حالة الطرق الثابتة الدائمة التى تصل الى المحاجر فقد كانوا يشتغلون بمعامل احتكاك يقرب من ٠٥٦ر٠ ويلزم للجر الجيد بوساطة الانسان فوق منحدر ميله ١ فى ٤ أقل معامل احتكاك ميسور للاستغناء عن جماعات العمال الكثيرة العدد وفى حالة الهرم الأكبر كانت المنحدرات بطبيعة الحال « طرقاً مستديمة » طوال مدة البناء البالغة ١٢ سنة . ومعلوم أن أصغر معامل احتكاك ممكن هو ٤ . ر . للسطوح الناعمة كالخشب فوق الخشب المدهون بالشحم . وتدل الكتل المغلفة الحالية على أن البناة كان باستطاعتهم أن يتخذوها سطوحاً ناعمة كما هو الحال فى الأعمال الحديثة . وما كان يمكن عمله على الحجارة يمكن أن يعمل على الخشب وكل ما يتطلبه الأمر هو التشحيم ومراقبة استبقائه باستمرار . ولذلك يصح أن نعتبر معامل الاحتكاك فوق المنحدرات ($م_1$) يساوى ٠٤ر٠ ، وفوق الجسور المتنقلة المنشأة للجر الأفقى والممتدة بعد المنحدرات على سطح الحجارة المبنية ($م_2$) يساوى ٢ر٠ ويلاحظ أن المنحدرات تغنى عن الصقالات للجر الأفقى الذى اختير فى القانون

المبدئى للطاقة .

أما القانون الخاص بالجر فوق المنحدرات فهو كما يأتى : —

الطاقة الكلية المستنفدة فى الجر فوق المنحدر الى ارتفاع قدره (١ — ه) . ع

$= \frac{و . ع}{٤}$ (مح، ظتا ا + ١) (١ — ٤ ه^{٣} + ٣ ه^{٤})

حيث و = الوزن الكلى .

ع = الارتفاع الكلى .

ه = الكسر الباقى من الارتفاع وهو الذى لم يتم بناؤه بعد .

ا = زاوية المنحدر وقدرها ١٤ً — ١َ — ١٤ْ

مح، = معامل الاحتكاك فوق المنحدرات الثابتة وقدره ٤ . ر.

مح، ظتا ا = $\frac{٢}{٣}$ تقريباً

وباختيار هذه القيمة ينتج أن

مح، = ٠٤١٦٧١٨ ر .

ويصير القانون للطاقة المستنفدة بسبب الجر فوق المنحدرات هكذا :

$\frac{٧ و ع}{٢٤}$ (١ — ٤ ه^{٣} + ٣ ه^{٤})

أما قانون الجر الأفقى فهو كما يأتى : —

الطاقة الكلية المستنفدة فى الجر الأفقى الى ارتفاع قدره (١ — ه) ع

= مح٢ . ط . $\frac{و . ع}{١٦}$ (١ — ه^{٤})

الذى فيه مح٢ وهو معامل الاحتكاك على الجسور الأفقية المؤقتة وقدره ٢ ر . ٠ ؟ ط = النسبة التقريبية .

فاذا كانت مح٢ ط = $\frac{٢}{٣}$ حدث أن

مح٢ = ٢١٢٢٠٧ ر .

و إذن يصير قانون الطاقة المستنفدة فى الجر الأفقى كما يأتى : —

$\frac{و . ع}{٢٤}$ (١ — ه^{٤})

وباضافة الطاقة المستنفدة فى الجر المائل الى تلك المستنفدة فى الجر الأفقى نحصل على ما يأتى : —

مجموع الطاقة الكلية المستنفدة فى الجر الى ارتفاع قدره (١ — ﻫ) ع

$$= \frac{ع ن ع}{٣} (١ — \frac{١}{٢} ٣ ﻫ^{٣} + \frac{١}{٢} ٢ ﻫ^{٤})$$

وذلك هو القانون النهائى ، وهو يعطى للطاقة المستنفدة حتى نهاية الارتفاع الكلى قدراً هو ٩٦٢ مليون طن — قدم ، وهو القدر الذى يعطيه قانوننا المبدئى .

وهذا القانون الأخير يعجل سرعة البناء ، بنصف سنة من سنى البناء ، فى سنوات البناء السبعة الأولى التى تم فيها العمل الى نصف الارتفاع ، ويعيق بعد هذا الارتفاع سرعة البناء ، بنفس المقدار أى نصف سنة ، فى سنى البناء الخمسة الأخيرة . ولكن هذا يتعادل — وبذلك ينمحى — بوساطة إعاقة سرعة البناء فى السنين الثمانية الأولى ، تلك الاعاقة الناجمة عن إنشاء الممرات والحجرات ، وعن إنشاء تلك البنايات ذات الروافد المتقاطعة فوق مخدع الملك ، وعن إنشاء الطرق المنحدرة لجر الأثقال وإقامتها الى علو يبلغ نصف ارتفاع الهرم (شكل ١٨) وعن تناول ووضع ووصل الكتل الثقيلة الموجودة أسفل نصف الارتفاع . وعلى ذلك فالقانون المبدئى يوضح نسب سرعة البناء توضيحاً أدق من توضيح القانون النهائى ، وهذا على مقتضى المعاليم المؤيدة التى سبق لى ذكرها .

(٣) الطرق المنحدرة لجر الاثقال

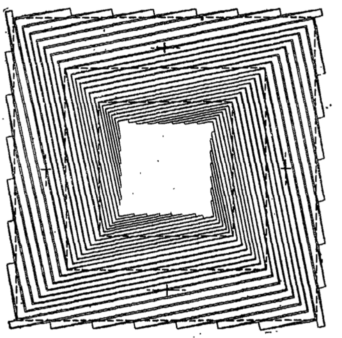
ترتيب المشروع وفوائده

اذا راعينا كل اعتبار عملى أو نظرى ممكن فان الترتيب النموذجى لمشروع بناء الطرق المنحدرة لجر الأثقال فوق الهرم الأكبر يكون كما فى شكل (١٨) فالميل كما قلنا يساوى ١ فى الاتجاه الرأسى الى ١٢٧٦٤ ر ٤ فى اتجاه المنحدر .

ليكون عدد الطرق ٢٨ — أى سبعة عند كل ضلع من أضلاع القاعدة . وكل طريق من الأربعة المبتدئة عنـد أحد أركان القاعدة يصل الى ½ أرتفاع الهرم الكلى قبل أن يدور زاوية قائمة حول الركن عند زاوية الاتصال الحافيّة . وقد بنى ثلث الارتفاع الباقى قبل أن يصل أحد هذه الطرق الى زاوية حافية أخرى . وهكذا الحال فى المراحل المتعاقبة . وترى فى الشكل (١٨) المرحلة الثالثة لهذه الطرق المائلة المبتدئة من الأركان . وهذا يمثل بناء الهرم الى ٧ر٠ من ارتفاعه، أى حينما يكون قد بنى منه مازنته ٩٨ر٠ من وزنه الكلى ومنه ترى أن العمل فى السنة الأخيرة قد ابتدأ . ويكون الطول المتوسط لطريق الجر المائل عندئذ زائداً قليلا عن ٢٠٠ ياردة . وهـذه الأعداد تلقى ضوءاً كبيراً على مسألة بناء الهرم لأنها تظهرها فى نسبها الحقيقية . وترى فى شكل (١٩) منحنياً لبيان الجر فوق الطرق المنحدرة مضافاً اليها الجر فى الاتجاه الأفقى خلال سنى العمل المتعاقبة ، ولبيان الوزن الذى لم يتم بناؤه بعد . ومنه يتضح أن متوسط مسافة الجر للعمل فى س من السنين هو مسافة الجر عند نهاية العمل فى ¾ من سنى البناء .

ويبلغ عرض كل طريق (شكل ١٨) عند مرحلة الانحدار الأولى ١٢ ذراعاً مصريا ، وقد قدرت فى ذلك عرض الجسم المسحوب بأنه ١٠ أذرع مصرية أو ١٧ قدما و ½٢ بوصة . وهذا التقدير يكفى فى الحقيقة لسحب الروافد الثقيلة — من ٥٠ الى ٨٠ طنا — فوق منحدرات الجر بمساعدة بعض العمليات الميكانيكية البسيطة ، وهى العمليات التى خير ما أصفها به هو القول عنها بأنها عمليات دفع الروافد للسير على شفاهها الأربعة (التى سبق لى شرحها) كأنما هى أرجل أربعة ، ويتبع ذلك عمليات رفع وإمالة وإدارة تتكرر غير مرة لتحدث حركة دائرية غير مركزية الى أعلى المنحدر . وبطبيعة الحال تستعمل الاسافين والخوابير لتمنع انزلاق الروافد الى أسفل ، ولتحيل الشفة الى محور ارتكاز رافعة تحرك الكتلة أفقياً ورأسياً .

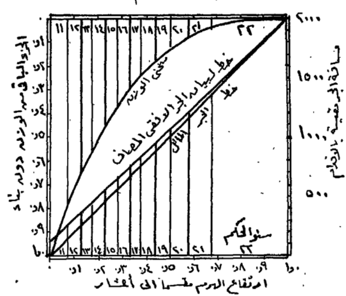
والطرق الملائمة طوليا لنقل هذه الروافد الثقيلة هى تلك الطرق الأربعة المبتدئة من أركان القاعدة ، لأن هذه الطرق هى الوحيدة التى تصل — قبل أن تبدأ فى اللف — الى منسوب سقف مخدع الملك ، وهو المنسوب الذى عنده بدىء بوضع هذه الروافد . ويمكن رفع الروافد الى هذا المنسوب (½ ارتفاع الهرم) ويمكن أيضا رفعها الى حيث المداميك العليا ، ويمكن بناؤها فى مكانها المعد لها ، وقد وصل البناة الى هذه المرحلة من البناء عند نهاية السنة السادسة من سنى العمل ، حيث كان طول مسافة الجر المنحدرة ٢٢١ ياردة ، مع العلم بأن متوسط هذه المسافة لسنى العمل الستة هو ١٢٠ ياردة . وفى هذه المرحلة يكون قد استنفد من الطاقة اللازمة لبنا الهرم نصفها .



(شكل ١٨) طرق الجر المائل حتى السنة الاخيرة من البناء

ولكى تصل الطرق المبتدئة من أركان القاعدة الى الارتفاع الذى عنده يوضع المدماك الخامس والثلاثون يلزم أن تقطع نصف عرض وجه الهرم ، و بوضع هذا المدماك يكون قد تم بناء نصف وزن الهرم فى ٣½ من السنين . ومتوسط طول مسافة الجر المنحدر يبلغ ٨٠ ياردة تقريبا .

وفى المراحل الأربعة لطريق الجر الصاعد تـكون العروض على التوالى ١٧ قدما و ٢$\frac{1}{2}$ بوصة ؟ ١١ قدما و ٥$\frac{1}{2}$ بوصة ؟ ٧ أقدام و ٧$\frac{3}{4}$ بوصـة ؟ ٥ أقدام و بوصة واحدة ، لأن دوران الطريق خلال زاوية قائمة من مرحلة الى التى تليها ينقص العرض بمقدار الثلث . ولم أظهر فى الرسم أكثر من ثلاث مراحل ، لأن



شكل (١٩) رسم بيانى لاثبات أن متوسط مسافة الجر للبناء الذى تم فى س من السنين = مسافة الجر عند نهاية العمل فى $\frac{س}{٣}$ من سنى البناء

المرحلة الثالثة تدخل فى الشهر الأول من السنة الأخيرة للعمل . ويلزم للمراحل الأخيرة من عمل هذه السنة الأخيرة بضعة طرق أخرى للجر ، واذن يمكن عمل طرق مائلة أوسع فوق المنسوب الذى انتهى عنده رسم المشروع المبين فى شكل (١٨) . وعلى ذلك فالمسقط الافقى لهذا الشكل يوضح لنا المعنى والقصد اللذين ذهب اليهما هيرودوت بخصوص المراحل الثلاثة لاتمام العمل فى بناء الهرم الأكبر « من القمة فما تحت . »

انشاء المنحدرات

كنت قبل اعداد رسالتى الثانية متردداً بين رأيين خاصين بوضع الـكتل المغلقة فى الهرم الأكبر . و بعد اعدادها ، أزانى لا أزال متردداً ، مرجحاً الرأى

المعارض لوجهة النظر التى شرحتها فى رسالتى . وقد استمر هذا التردد فى الرأى ٢٠ سنة ، وهو فى حد ذاته شائع الحدوث عند معظم أولئك الذين بحثوا المسائل الانشائية للهرم الأكبر خلال النصف قرن الماضى . على أن اعادة البحث فى المعالم المفسَّرة المشروحة فى غضون بحثى تبدو كأنها دليل على أننا مع ذلك قد نجحنا أخيرا فى تضييق مجال العوامل المتباينة لمسألتنا الى أضيق حد ممكن .

ومن التجارب الحديثة فى المنشآت البنائية ظهر أن الهبوط المتباين ، وما يتبع الهبوط من شق وتحريف ، انما تنتج اضطرارا عند ما يضاف غلاف جديد جسيم الى بناء جسيم ينشأ على مراحل خلال الاثنتى عشرة سنة السابقة . على أن هذه العقبة يمكن تخطيها اذا كانت فُرُش هذا الغلاف ووصلاته ميكروسكوبية . لهذا انتهيت الى أن معظم الفُرُش والوصلات الميكروسكوبية لكتل الهرم المغلفة تشهد بنفسها على أن هذه الكتل قد أضيفت بعد انجاز بناء كل المداميك القلبية .

ومن جهة أخرى فالظاهر بالمثل أن مجموعتى الصقالات أو طرق الجر المؤقتة قد بنيتا وهدمتا على التوالى ، مرة لبناء القلب (الحشو) وأخرى للغلاف . وقد زالت هذه العقبة عندما روعى مقدار المادة الهائل الذى يحتاج اليه فى بناء طرق مؤقتة لجر الاثقال شكل (١٨) . وقد يكون من الأبسط والأسهل والاكثر انطباقاً على قواعد البناء المتبعة فى عصر هرم الجيزة أن تحمل الطرق المنحدرة على روافد مثبتة من أحد طرفيها فقط (قنطروس Cantilevers) متباعدة وبارزة من قلب البناء . واذا دعت الحاجة وضعت عمد حجرية تحت الأطراف الأخرى غير المقيدة . واذا ما توطدت مرة قاعدة ما فان التفاصيل تصبح مسألة بسيطة . ومعظم التفاصيل الاضافية اللازمة موجودة فعلا فى الهرم الأكبر وفى المبانى الأخرى التى تمت فى عصر الجيزة الهرمى .

على أن الشرط الجوهرى هو أن عمق بناء الطرق يجب أن يظهر سطوح أوجه الهرم المائلة المقصودة لتتيسر رؤيتها ويسهل وضعها بعد الانتهاء من بناء القلب .

والـكتل المغلفة أمكن وضعها حول وفوق الزوافد البارزة المثبتة من طرف واحد وان استلزم الأمر وضعت حول العمد . وإذ أن الطرق هذه قد هدمت من أعلى الى أسفل فانهذه الروافد والعمد يمكن رؤية آثارها وقد نشرت ومهدت بحيث سويت مع أوجه الهرم . وقد كانت الحجاره تنشر فى عصر الهرم .

(٤) «اتمام» الهرم

لم يتم بنـاء الهرم الأكبر الى رأسه أبدا فلقد زار ديودوروس Diodorus و بلاينى Pliny مصر ورأيا الهرم الأكبر حينما كان غلافه على حاله سليما . واتفق الاثنان فى القول بأنه يوجد عند قمة الهرم افريز منبسط . وسأحاول باختصـار تفسير حالة النقص تلك فى بناء الهرم .

عند ما أخذت صورة فوتوغرافية من الجو للهرم الأكبر وماجاوره رؤيت فيها ظاهرة بنائية لم تظهر مثلها فى الأهرام الأخرى . وهذه الظاهرة هى وجود انخفاض على شكل V فى الأوجه الأربعة . وأكبر عمق فى الاتجاه الأفقى لهـذا الانخفاض هو ٣ أقدام . ولئن غطيت كل المداميك بغلاف منتظم السمك لظهر هذا الانخفاض الذى على شكل V واضحاً جلياً فى أوجه الهرم الأربعة . وهـذا يجعل طول ضلع القاعدة ٧٦١ قدماً و ٩ بوصات .

ومعلوم أن النتيجة الأخيرة لاعادة البحث فىالمعالم المشروحة فى رسالتى هى أن الـكتل المغلفة قد أضيفت بعد أن تم بناءالقلب تماماً . وفضلا عن ذلك توجد كتلة مغلفة قاعديةضخمة تزن ١٩ طناً عند منتصف الضلع الشمالى للقاعدة . وهذه الـكتلة تمتد فى قلب البناء الى ما يزيد عن قدمين ، ولها كتف رأسى سعته ٢½ من الأقدام ضارب فى بناءالقلب . وظاهر أنها وضعت عند ما وضع المدماك القلبى للقاعدة ، ومن المؤكد أنه لم يوضع بعد أن تمت جميع المداميك القلبية . وعلى ذلك تكون بعض حجارة القاعدة المغلفة قد وضعت عنـد منتصف كل قاعدة لتغطى

المعالم اللازمة للمنظر الجانبى (بروفيل) وكذلك تعطى الخطوط التى فوق وسط كل منحدر فى الحشو الداخلى . فبهذه كدلائل مرشدة قد بنيت المداميك القلبية الى العلو الذى وصلت اليه .

ولكن تسلسل العمليات التى أجريت بعد ذلك يدل على أن كبير البنائين الأصلى المسئول عن وضع القاعدة إما أن يكون قد توفى وإما أن يكون قد عزل . وذلك لأنه عقب الانتهاء من بناء الحشو كان الغلاف يعمل ابتداء من القاعدة فما فوق ، وهو تلك الأوجه المستوية لا تلك الأوجه ذات الانخفاضات المقصودة التى على شكل V . ثم ان سمك الحجارة المغلفة للقاعدة عند الأركان يساوى نصف تلك الموجودة فى وسط الوجوه . وهذا بالطبع إنشاء ردىء لأن الدوران يجب أن يكون فى السمك مساوياً على الأقل للسمك فى الجهات المعتدلة . وهذا هو الجزء الوحيد الردىء البناء فى الهرم ، وسببه كما ذكرت راجع الى غلطة فى بناء الغلاف .

وتدل الحقائق المادية والبينات الكتابية على أن الانحراف عن التصميم المقصود لم يستكشف إلا بعد أن وصلوا فى البناء الى التفاصيل النهائية فى القمة . فأدى استكشاف هذا الخطأ الى ترك الهرم ناقصاً مع ذلك الافريز المسطح العلوى . ولو كان الغلاف تم على حسب الأصل الموضوع ، مع جعل سمك الغلاف منتظماً فوق المداميك ، لكان البعد بين ركن وآخر يساوى ٧٦١ قدماً و ٩ بوصات ، ولكان ارتفاع الهرم الى تمامه أى من القاعدة للقمة ٤٨٤ قدماً و ١١ بوصة . تلك هى الأبعاد المضبوطة المستخرجة من البيانات الضئيلة التى حصل عليها منذ ٦٦ سنة الأستاذ بيازى سميث ، العالم الفلكى الاسكتلندى ، قبل الوقوف على التفاصيل الحقيقية للبناء ، وقبل أن يعرف ذلك التجويف الموجود فى منحدرات الحشو .

وإذن فلننسب فضل هذا الاستكشاف الى شخص أخطأ ، مثل الغالبية فينا ، جملة مرات ، ومع ذلك فهو على النقيض من كثيرين منا قد استكشف جملة استكشافات كثيرة .

(٥) العلاقات المترولوجية (القياسية)

ان الارتفاع المذكور اخيراً وقدره ٤٨٤ قدما و ١١ بوصة ، هو بالضبط ٥٠٠ قدم مصرى قديم ، مقدار القدم الواحد ٦٣٨و١١ من البوصات . وتلك مطابقة تؤيد الغرض المقصود بكل وضوح . وفضلا عن ذلك فان محيط القاعدة المربعة المتحصل يساوى محيط دائرة نصف قطرها يساوى هذا الأرتفاع ، أى ٥٠٠ قدم مصرى ، ومساحة هذه الدائرة تساوى ١٠٠ ربع أرورا مصرية وربع الأرورا aroura والأرورا وحدات مصرية قديمة من وحدات المساحة . ويبلغ طول ضلع المربع ، الذى تساوى مساحته مساحة هذه الدائرة التى نصف قطرها ٥٠٠ قدم مصرى ، خمسمائة ذراع مصرى عادى ، وكل ذراع يساوى ٦٢٩٣و٢٠ من البوصات ، وتبلغ مساحته ٢٥ أورورا . ومساحة المقطع الرأسى القائم تساوى ربع هذه المساحة .

ويبلغ ارتفاع مدماك قاعدة الهرم ٥ أقدام مصرية ، أما ارتفاع المدماك البارز التالى — وهو المدماك الخامس والثلاثون — فيبلغ ١٠٠ قدم مصرى مقيسا من محوره أو نصف سمكه . فكان هذا التطابق أول ما أرشدنى الى المعالم البنائية المعينة للعمل المضبوط المختار لمنحدرات الجر المؤقتة . ويدل محور المدماك الخامس والثلاثين ، بوساطة بعده المقيس من الوجه المغاف الى المحور الرأسى المتوسط للهرم ، وبارتفاعه فوق القاعدة ، وبالمستطيل المكون من هذين البعدين ، على أن الارورا المصرية قد اشتقت من حاصل ضرب قطر دائرة قدره ١٠٠ قدم مصرى فى محيطها . وقد كان مرجعى فى تقدير جميع هذه الوحدات المذكورة هو سيرفلندرز بترى ، وهى ٦٣و١١ الى ٦٤و١١ من البوصات للقدم و٦٣و٢٠ من البوصات للذراع العادى ، وان طول ضلع الأرورا المربعة (بحسب ما ذكره هيرودوت وهورابولون Horapollon) يساوى ١٠٠ ذراع عادى . وكل هذه العلاقات

والنسب المذكورة موافقة بل تؤكد العلاقات المتطابقة التى حصلنا عليها من ترتيب مشروع الهرم الأكبر من الداخل . (انظر شكل ١٢ الماضى) .

(٦) معاليم الجر بوساطة الرجال

على المنحدرات المقامة المدهونة تماما بالشحم (وقد ذكرنا معامل احتكاكها) تبلغ قوة الشد للطن الواحدة ٦٣٢¼ من الباوندات . فاذا فرضنا أن الضغط الواقع على كتف كل رجل من جراء الشد وهو يسير بسرعة قدم واحد فى الثانية هو ٦٣ باوندا ، فانه يلزم للطن الواحدة ١٠ رجال . ولكن متوسط وزن الكتلة الواحدة يزن ⅔٢ من الطن ومتوسط مسافة الجر ٧٤٦ قدما (شكل ١٩) وكل جماعة من جماعات الجرارين تستطيع ، فى المتوسط ، أن تذهب وتعود مرتين فى كل طريق فى الساعة ، بشرط أن تكون عند القاعدة أحمال جديدة معدة للنقل وأن يكون هناك رجال موجودون عند مساحة الفرش لكى يتسلموا الزحافة ويفرغوها . واذن عندما تصل زحافة محملة الى جهة التفريغ تكون أخرى فارغة قد أزيحت . وعلى ذلك يكون لكل طريق من طرق الجر فى المتوسط جماعة واحدة تعمل فيه ، إن صاعدة وإن هابطة . ومن ثم يكون العدد المتوسط للعمال المشتغلين بالجر فى الهرم هو حاصل ضرب عدد الطرق البالغ ٢٨ فى الوزن المتوسط للكتلة وهو ⅔٢ من الأطنان فى عدد العمال اللازمين للطن الواحدة وقدره ١٠ رجال أى ٧٤٧ عاملا لجر الأثقال :

ويلاحظ أن هذه النتيجة تعطى رجلا واحدا لكل قدم واحد من طول مسافة الجر المتوسطة . وهذا يبدو كأنه « ثابت للعمل labour constant » استخلص من التجارب السابقة فى بناء الهرم ، مع العلم بأن القدم المصرى يساوى من ٦٣و١١ الى ٦٤و١١ من البوصات .

واذا ضاعفنا عدد العمال للتجديد والراحة ، أى بمثابة مرةجر واحدة فى الساعة

لكل جماعة ، فان ١٥٠٠ عامل تكفى لعملية الجر كلها فى الهرم وأيضا لعملية التفريغ عند سطح الفرش . ويظهرمن ذلك أنه بمساعدة ٣٦٠٠ الى ٤٠٠٠ بناء وعامل فى الشكنات ، يقوم ٦٠٠٠ من العمال غير الحاذقين أو الذين مهارتهم بين بين بعملية حمل الأثقال باستمرار الى الهرم وفوقه حتى ولوكانت عمليات جر الحجارة ووضعها ووصلها تعلق فى شهور الصيف الثلاثة . وهذا بعيد الاحتمال لأن عمل المحاجر كان يبدأ خلال الصيف كما تدل عليه التواريخ الموجودة على الكتل المغلفة لهرم صنفرو وفى ميدوم . على أن الحر بالقرب من القاهرة زمن الصيف ليس فوق طاقة الأهالى . ففى كثير من المبانى الحديثة فى مصر ، كبناء الكبارى ، كان العمل يجرى فى مجرى النيل أثناء انخفاضه وفى فصل الحر .

ونرى فى الجدول الآتى بيانا لمعالم الجر الآدمى كل سنتين متعاقبتين من سنى البناء ، وقد اعتبرت فى هذا الجدول أن أيام العمل فى السنة ٣٠٠ يوم وساعات العمل فى اليوم ١٠ : —

فترة البناء ذات السنتين	عدد الكتل فى الساعة لكل طريق	متوسط وزن الكتلة بالطن	مسافة الجر المتوسطة بالقدم: فوق المنحدر	مسافة الجر المتوسطة بالقدم: فى اتجاه أفقى	مسافة الجر المتوسطة بالقدم: مجموع	متوسط عدد الرجال لكل كتلة
١ ، ٢	٢¾	٤½	١٥٠	١١٨	٢٦٨	٤٥
٣ ، ٤	٢½	٣¼	٣٦٠	١٠٤	٤٦٤	٣٣
٥ ، ٦	٢⅛	٢½	٥٦٦	٩٤	٦٦٠	٢٥
٧ ، ٨	٢	٢	٧٦٤	٨٠	٨٤٤	٢٠
٩ ، ١٠	٢	٢	١٠٠٤	٦٦	١٠٧٠	٢٠
١١ ، ١٢	٢	١½	١٣٤٦	٤٤	١٣٩٠	١٤

(٧) الفرش والوصل الميكروسكوبيين

لقد أشرت فيما مضى إلى استحالة لصق الفرش والوصلات الميكروسكوبية تقريباً للحجارة المغلفة للهرم الأكبر بأية وسيلة حديثة من وسائل الوصل بالسمنت . ولقد حدث لى خلال إعداد رسالتى الأولى أن طرأت علىَّ فكرة أن الكتل المغافة ربما بللت بمحاول ، أو دلكت سطوحها بمحاول قبل وضعها أو صب عليها وفيما بينها بعد وضعها ، وأن يكون من خواص المحاول ما للسمنت اذا وضع بين الكتل المجاورة . أضف لذلك أن مثل هذا المحاول قد يكسب السطوح المغلفة بريقاً أو لمعانا — هو الأصل فى خواص الانعكاس الضوئى التى شرحتها فى رسالتى الأولى .

لذلك أجريت بحثاً دقيقاً فى سلع المصريين القدماء لكى أعثر على المواد التى يتكون منها مثل هذا المحاول ، والتى يمكن الحصول عليها بمقادير وافرة . فوجدت أن الشب هو المادة الوحيدة ، التى تفى بكل الشروط ، والتى استطعت العثور عليها إلى الآن . فهى كانت توجد بكثرة فى جبل طارف فى الجزء الشمالى من الواحات الخارجة . وقد استخرجت كل مقادير الشب حتى نفدت . ثم أنى من جهة أخرى أعرف أن قدماء المصريين كانوا يستعملون الشب فى الأصباغ ، لأنهم كانوا قد عرفوا قبل ذلك بزمن طويل استعمال المواد المثبتة للألوان . فخيل الى أنى عثرت على ضالتى . ولذلك استطلعت رأى خبيرين فى الكيمياء هما الأستاذ مستر ج : هيوم J. Hume بقسم الكيمياء بجامعة ليدز ، ومستر ج . ا . ورسديل J. E. Worsdale الخبير الكيماوى لشركة الخواجات ج . ت . ارل Earle . فوافقانى على رأيى . ولكن الأمر الذى كانا يشكان فيه هو درجة اللصق التى يمكن الحصول عليها خلال زمن إجراء تجربة عادية . على أنى لم أهتم بذلك

اهتمامى بمسألة النمو المطرد لمتانة اللصق خلال زمن طويل . وهذا النمو نتيجة رشحان الأملاح والمواد السمنتية من سطوح الهرم المبنية بالحجر الجيرى فى الممرات والحجرات الداخلية حيث الفرش والوصلات ميكروسكوبية أيضاً . وفى الحقيقة أن الفرش والوصلات فى كثير من الحالات تصعب رؤيتها وذلك نتيجة انبثاق المادة الملاطية اللاصقة . لهذا كنت فى بحثى أتبع طريقاً مخططاً للوصول الى عامل بعيد كل البعد عن أن يكون له خاصية اللصق الملاطية الطبيعية ، تلك الخاصية التى طالما نسبوها لكتل الهرم المقطوعة من الهرم الجيرى . وعدا هذا فهناك مسألة أخرى تستحق الاعتبار وهى أن الكتل المغلفة ذات وزن نوعى أقل من كتل الحشو الحجرية ، وهى الكتل القلبية — وهذا الفرق يبرر فى الظاهر الرأى القائل بأن الكتل المغلفة عرضت لمعالجة خاصة كانت نتيجتها أنها طردت الى خارجها جزءاً من مادتها على شكل غاز . ويبلغ وزن القدم المكعب من الحجر الجيرى المغلف ١٣٠ باوندا تقريبا ، أما وزن القدم المكعب من حجارة الحشو فيزيد عن ذلك ٢٠ باوندا . ويقول الأستاذ بيازى Piazzi « أنها حين تضرب بمطرقة ضربا حادا تنبثق منها رائحة كريهة ، كرائحة الايدروجين المكبرت . وقد لاحظ ذلك الدكتور كلارك Clarke سنة ١٨٠١ . »

ولقد [illegible] مستر ورسديل ، وهو زميلى فى عضوية لجنة فرع المعهد بيوركشير ، وأجرى لذلك عدة تجارب هامة لخبر نظريتى . وهذا ما قاله نتيجة لهذه التجارب « من المقطوع به أن تفاعلا كيماويا يحدث بين محلول قوى للشب وبين الحجر الجيرى ، ويتصاعد ثانى أكسيد الكربون . وقد تأيد ذلك بتجربة أخرى ، هى أنه عند صب محلول الشب على ورقة ترشيح وضع فوقها حجر جيرى مجروش ، وجد أن السائل المار خلال ورقة الترشيح يحوى مقداراً كبيراً من مركبات الجير ذائباً فيه . »

وبعد ذلك أجرى مستر ورسديل أيضاً بعض اختبارات طبيعية أولية

للتأكد من درجة التماسك التى يمكن الحصول عليها بصب عدة محاليل على الحجارة الجيرية ذات السطوح المتباينة ، ثم تركها مدداً قصيرة مختلفة . فان أسفرت هـذه الاختبارات عن أمر هام شرحته تفصيلا فى المجلة . ويكفى الآن أن أقول انه حصل على عدة درجات تماسك مختلفة ، وأن السطوح المستوية عنـد وضع المحاول عليها و بينها تلاصقت وتماسكت بشدة — ولا يمكن تعيين هـذه الشدة بالضبط بالنظر الى عدم وجود أجهزة لقياسها .

ومستر ورسديل قد قصد جنوب أفريقيا لعمـل ما ، وأنا أيضاً مشغول فى أعمال أخرى ، ولذلك لم نجر بحوثاً أخرى . ولكن يلوح لى أن هنـاك حالة نجمت عن هـذه البحوث الأولية ، وهى تبرر مواصلة البحث ، ولست أدرى ان كان هذا سيتم انتهازاً لفرصة تجارية أو جرياً وراء انجاز عمل فنى عظيم .

(انتهى)





